



ΓΕΩΠΟΝΙΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ

ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ ΤΟΥ ΤΜΗΜΑΤΟΣ ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗΣ

ΦΥΣΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ & ΓΕΩΡΓΙΚΗΣ ΜΗΧΑΝΙΚΗΣ

(Α.Φ.Π & Γ.Μ)

ΤΟΜΕΑΣ : ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΤΗΣ ΓΕΩΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ ΣΤΟΥΣ ΦΥΣΙΚΟΥΣ ΠΟΡΟΥΣ

**ΘΕΜΑ: ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΔΙΑΧΡΟΝΙΚΗΣ ΧΡΗΣΗΣ ΓΗΣ ΣΕ ΣΥΓΚΕΚΡΙΜΕΝΗ ΕΚΤΑΣΗ
ΤΗΣ ΚΟΙΝΟΤΗΤΑΣ ΜΑΝΕΣΗ ΤΟΥ ΔΗΜΟΥ ΝΑΥΠΛΙΟΥ.**



**ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ
ΤΗΣ
ΕΛΠΙΔΑΣ Ε. ΦΑΝΟΥΡΙΟΥ**

**Επιβλέπων :
Σ. Βάλμης
Καθηγητής**

ΑΘΗΝΑ, ΙΟΥΝΙΟΣ 2012

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΜΕΛΕΤΗ

ΤΙΤΛΟΣ

**ΘΕΜΑ: ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΔΙΑΧΡΟΝΙΚΗΣ ΧΡΗΣΗΣ ΓΗΣ ΣΕ ΣΥΓΚΕΚΡΙΜΕΝΗ ΕΚΤΑΣΗ
ΤΗΣ ΚΟΙΝΟΤΗΤΑΣ ΜΑΝΕΣΗ ΤΟΥ ΔΗΜΟΥ ΝΑΥΠΛΙΟΥ.**

ΤΗΣ ΕΛΠΙΔΑΣ Ξ. ΦΑΝΟΥΡΙΟΥ

ΤΡΙΜΕΛΗΣ ΣΥΜΒΟΥΛΕΥΤΙΚΗ ΚΑΙ ΕΞΕΤΑΣΤΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ

Σπυρίδων Βάλμης, Επιβλέπων, π. Καθηγητής

Αθανάσιος Γκανάς, Ερευνητής Α΄ Γεωδυναμικού Ινστιτούτου, Εθνικό Αστεροσκοπείο Αθηνών

Διονύσιος Καλύβας, Επίκουρος Καθηγητής

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η Τηλεπισκόπηση αποτελεί μια νέα τεχνολογία που χρησιμοποιείται σήμερα στη ευρύτερη διαχείριση του περιβάλλοντος και όχι μόνο. Το φυσικό περιβάλλον αλλά και το με την στενή έννοια αγροτικό περιβάλλον, συγκαταλέγεται στους ανανεώσιμους φυσικούς πόρους που δέχονται πολυποίκιλες περιβαλλοντικές και κοινωνικοοικονομικές επιδράσεις και αλλαγές. Η διαχρονική παρακολούθηση αυτών προσφέρει σημαντικές πληροφορίες για την ορθότητα και νομιμότητα των ανθρώπινων επεμβάσεων αλλά και πλεονεκτήματα στον καθορισμό των πιθανών μελλοντικών δράσεων.

Η παρούσα μελέτη προτείνει μια προσέγγιση η οποία μπορεί να αποτελέσει μία μεθοδολογία για την αξιόπιστη διαχρονική καταγραφή αλλαγής χρήσης γης με γρήγορο και οικονομικό τρόπο χάρις στην νέα τεχνολογία της δορυφορικής τηλεπισκόπησης.

Συγκεκριμένα γίνεται προσπάθεια να ανιχνευτούν οι διαχρονικές αλλαγές των χρήσεων γης σε συγκεκριμένη έκταση της περιοχής Μάνεση του νομού Αργολίδος χρησιμοποιώντας δορυφορικές ψηφιακές τηλεπισκοπικές απεικονίσεις (ΨΔΤΑ) από τους δορυφόρους Landsat 4 και 5 στο χρονικό διάστημα από 1984-2005, πολύ υψηλής ανάλυσης ΨΔΤΑ IKONOS (2007), Quickbird (2003) και εργασία πεδίου για τον καθορισμό των ορίων της επίδικης έκτασης καθώς και των ορίων της περιοχής μάρτυρα με χρήση GPS. Στην υπό μελέτη περιοχή εξετάστηκε η διαχρονική εξέλιξη της οποίας, η χρήση γης αποτελούσε σημείο αμφισβήτησης μεταξύ δύο αντίδικων ομάδων. Σκοπός της παρούσας μελέτης είναι να αναδειχτούν τα πλεονεκτήματα των δορυφορικών δεδομένων ως αποδεικτικά στοιχεία σε πιθανές δικαστικές διενέξεις.

Η διαχρονική χρήση γης της περιοχής μελέτης συγκρίθηκε με αντίστοιχη χρήση γης περιοχής μάρτυρα. Τα αποτελέσματα κατέδειξαν ότι στην περιοχή μελέτης ουδέποτε υπήρξε γεωργική καλλιέργεια και ουδέποτε έγινε εγκατάσταση δενδρώδους καλλιέργειας από το 1984 έως το 2007 σε αντίθεση με τα όσα ισχυρίζεται η αντίδικη πλευρά.

Λέξεις κλειδιά: χρήση γης, τηλεπισκόπηση, φασματικές υπογραφές, ιστογράμματα, δείκτες βλάστησης

ABSTRACT

Digital remote sensing is a mature technology currently used in environmental management, natural resources research and many more. Natural environment, as well as rural environment, is placed among the renewable natural resources that receive effects from various social and economic changes. Temporal monitoring of these changes, provides important information and delivers several advantages in determining future actions.

This study proposes an approach that can be a reliable method for multitemporal recording of land use changes in fast and economical way.

This thesis presents the temporal land use changes that have occurred with in specific area of Manesi community at the region of Argolida, Greece. The analysis is based on the usage of a temporal series of satellite imagery derived from Landsat TM4 and TM5 during the period 1984-2005, IKONOS (2007), Quickbird (2003). The analysis of the satellite images, was combined with fieldwork, using GPS devices on control surfaces. In the study area we examined the surface characteristic in which, a land use is a point of dispute between two opposing groups. An additional purpose of this study is to emerge the advantages of satellite data as evidence in possible litigation. The temporal land use in the study area was compared with the corresponding land use in a control area. The image processing results showed that the study area has never experienced agricultural cultivation. Moreover no tree crops were detected and was never tree crops from 1984-2007 in contrast to the contention of the defendant side.

Keywords: land use, remote sensing, reflectance, histograms, Normalized Difference Vegetation Index

ΣΥΝΤΟΜΟΓΡΑΦΙΕΣ

CCD	Charge-Coupled Device
CORINE	Coordination of Information on the Environment
DN	Digital Number
GIS	Geografic Information System
GPS	Global Positionig System
L.P.I.S.	Land Parcel Identification System
LAI	Leaf Area Index
MSS	Multi Spectral Scanner
Multi	Multispectral
NIR	Nir near infrared
Ndvi	Normalized Difference Vegetation Index
PAN	Pan Sharpened,
RMS	Root Mean Square
SPOT	Système Pour l'Observation de la Terre
TM	Thematic Mapper
UTM	Universal Transverse Mercator projection
UV	Ultraviolet
WGS	Word Geografic System
ΓΥΣ	Γεωγραφική υπηρεσία στρατού
ΔΕ	Δορυφορικές εικόνες
ΕΓΣΑ	Ελληνικό Γεωδαιτικό Σύστημα Αναφοράς
ΕΓΤΑΑ	Ευρωπαϊκό Γεωργικό Ταμείο Αγροτικής Ανάπτυξης
ΕΓΤΕ	Ευρωπαϊκό Γεωργικό Ταμείο Εγγυήσεων
ΕΕ	Ευρωπαϊκή Επιτροπή
ΟΚΧΕ	Οργανισμό Κτηματολογίου και Χαρτογραφίσεων Ελλάδας
ΟΠΕΚΕΠΕ	Οργανισμός Πληρωμών & Ελέγχου Κοινοτικών Ενισχύσεων Προσανατολισμού & Εγγυήσεων
Ο.Σ.Δ.Ε	Ολοκληρωμένο Σύστημα Διαχείρισης και Ελέγχου
ΣΓΠ	Γεωγραφικό Σύστημα πληροφοριών
ΨΔΤΑ	Ψηφιακές Δορυφορικές τηλεπισκοπικές Απεικονίσεις

Ευχαριστίες

Αρχικά θα ήθελα να ευχαριστήσω τον επιβλέποντα καθηγητή της διπλωματικής μου κ. Σπυρίδων Βάλμη για την ανάθεση του θέματος, την καθοδήγηση και την εποπτεία σε κάθε φάση της εργασίας μου.

Επιπλέον θα ήθελα να ευχαριστήσω τον καθηγητή κ. Διονύσιο Καλύβα και την καθηγήτρια κα. Βασιλική Κόλλια - Κουσουρή για τις γνώσεις που μου προσέφεραν κατά την διάρκεια των μεταπτυχιακών μου σπουδών.

Τον Ερευνητή Α' Γεωδυναμικού Ινστιτούτου, Εθνικού Αστεροσκοπείου Αθηνών κ. Αθανάσιο Γκανά για τις γνώσεις του προκειμένου να προσεγγίσω επιστημονικά το θέμα της πτυχιακής μου.

Ακόμα θα ήθελα να ευχαριστήσω πραγματικά τον Δρ. Νικόλαο Σπυρόπουλο για την καθοδήγηση του και την εποπτεία της εργασίας μου καθώς και την μετάδοση γνώσεων του σε τηλεπισκοπικά θέματα.

Τέλος θα ήθελα να ευχαριστήσω τον αγαπητό φίλο, Λοχαγό της Γεωγραφικής Υπηρεσίας Στρατού Παναγιώτη Φράγκο για την πολύτιμη βοήθεια του και την οικογένεια μου για την συμπαράσταση της καθ όλη την διάρκεια των σπουδών μου.

*Με εκτίμηση,
Ελπίδα Φανουρίου*

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1.	ΕΙΣΑΓΩΓΗ	15
1.1	Εισαγωγή	15
1.2	Περιγραφή του προβλήματος	16
1.3	Μεθοδολογία – Διάγραμμα ροής	16
1.4	Στόχος εργασίας	18
2.	ΓΝΩΣΤΙΚΟ ΥΠΟΒΑΘΡΟ	19
2.1	Οι αλλαγές χρήσεων γης	19
2.2	Διαδρομές μετασχηματισμού χρήσεων γης	20
2.3	Τομεακές εσωτερικές διαδικασίες μεταβολής χρήσεων γης	22
2.4	Αξιολόγηση των μεταβολών χρήσεων γης	23
2.5	Το νέο νομοθετικό πλαίσιο για την αντιμετώπιση της αυθαίρετης δόμησης	26
2.6	Χωρικές μεταβολές χρήσεων γης	28
2.7	Το Πρόγραμμα Corine	30
2.8	Εφαρμογή του προγράμματος CORINE στην Ελλάδα	32
2.9	Οργανισμοί	34
2.9.1	ΟΠΕΚΕΠΕ- Ιστορία	34
2.9.2	Ορισμός κτηματολογίου	35
2.9.3	Ο.Σ.Δ.Ε – LPIS	35
2.9.4	Ο.Κ.Χ.Ε	37
2.10	Δορυφορική τηλεπισκόπηση	38
2.11	Ηλεκτρομαγνητική Ακτινοβολία	39
2.12	Πλεονεκτήματα δορυφορικών δεδομένων	42
2.13	Ηλεκτρομαγνητικό φάσμα και φασματικές υπογραφές	44
2.14	Συστήματα τηλεπισκόπησης	47
2.14.1	Παθητικά και Ενεργητικά	47
2.15	Χαρακτηριστικά δορυφορικών δεδομένων	48
2.15.1	Φασματική Ευκρίνεια	49
2.15.2	Χωρική Ευκρίνεια	49
2.15.3	Ραδιομετρική ανάλυση	50
2.15.4	Χρονική Ανάλυση ή Ρυθμός Επισκεψιμότητας ενός Σημείου	51

2.16	Δορυφορική τηλεπισκόπηση και συστήματα γεωγραφικών πληροφοριών	51
2.17	Δορυφόροι.....	55
2.17.1	Γεωστατικοί δορυφόροι.....	56
2.17.2	Δορυφόροι πολιτικής τροχιάς.....	56
2.18	Η διαδικαστική κατάσταση των δορυφορικών εικόνων στην Ελληνική νομοθεσία	62
2.19	Παρακολούθηση καλλιεργειών.....	67
2.19.1	Ο εντοπισμός καταπονημένων φυτών.....	67
2.19.2	Εκτίμηση περιεκτικότητας σε νερό με την χρήση τηλεπισκόπησης	70
2.19.3	Καταπολέμηση των ασθενειών και των εχθρών των φυτών	72
2.20	Προσδιορισμός Καλλιεργειών.....	74
2.20.1	Προσδιορισμός/Εντοπισμός Καλλιεργειών Πως μπορούμε να προσδιορίζουμε καλλιέργειες με τηλεπισκόπηση.....	74
2.20.2	Δεδομένα τηλεπισκόπησης που απαιτούνται για την αναγνώριση καλλιεργειών	76
2.21	Δημιουργώντας χάρτες με είδη καλλιεργειών.....	78
2.22	Η καταγραφή πληροφορίας στο κανάλι 4 των πολυφασματικών δορυφόρων Landsat TM , IKONOS και QuickBird	79
2.23	Ψηφιακοί-θεματικοί χάρτες.....	80
3.	ΠΕΡΙΟΧΗ ΜΕΛΕΤΗΣ.....	82
3.1	Γεωγραφική περιγραφή περιοχής μελέτης.....	82
3.1.1	Κλιματολογικά στοιχεία περιοχής.....	83
3.1.2	Υφιστάμενες χρήσεις γης στην περιοχή μελέτης	85
3.2	Επιλογή περιοχής μάρτυρα	87
4.	ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΤΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ	92
4.1	Επιλογή και συλλογή δεδομένων.....	92
4.2	Ψηφιακή επεξεργασία δορυφορικών δεδομένων.....	100
4.2.1	Γενικά.....	100
4.2.2	Μεταφορά καναλιών.....	103
4.2.3	Προ - επεξεργασία δορυφορικών δεδομένων	104
4.2.3.1	Ραδιομετρική διόρθωση	105
4.2.3.2	Γεωμετρική διόρθωση	108
4.2.4	Λόγοι – Σύνθετος λόγος NDVI (δείκτης βλάστησης)	133
4.2.5	Μέθοδος των ιστογραμμάτων	147

4.2.5.1 Παραγωγή ιστογραμμάτων στην περιοχή μελέτης , έπειτα από την δημιουργία Λόγων – Δεικτών βλάστησης NDVI	149
4.2.5.2 Παραγωγή ιστογραμμάτων στην περιοχή μάρτυρα, έπειτα από δημιουργία Λόγων – Δεικτών βλάστησης NDVI	155
5. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ – ΣΥΖΗΤΗΣΗ	163
6. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	173

ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΕΙΚΟΝΩΝ

Εικόνα 1 Διάγραμμα ροής εργασιών	18
Εικόνα 2 Οι διαδρομές μετασηματισμού του περιφερειακού πλέγματος των χρήσεων γης στην Ελλάδα τις τελευταίες δεκαετίες. Πηγή: Διονύσιος Μινέτος	21
Εικόνα 3 Χωρική διασπορά και ένταση των φαινομένων μετασηματισμού των χρήσεων γης.	25
Εικόνα 4 Αυθαίρετη δόμηση σε περιοχή της Κορίνθου. Πηγή: ΤΟ ΒΗΜΑ	27
Εικόνα 5 Θερμά σημεία (hot-spots) ή σημεία υψηλής δραστηριότητας του φαινομένου των μεταβολών στις χρήσεις της γης. Πηγή: Υπουργείο Γεωργίας	29
Εικόνα 6 Σύνθεση χάρτη CORINE στην ευρύτερη περιοχή μελέτης	33
Εικόνα 7 Οι περιοχές του φάσματος της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας	40
Εικόνα 8 Τυπικές καμπύλες φασματικής ανακλαστικότητας για βλάστηση, νερό και έδαφος.....	41
Εικόνα 9 Η κυτταρική δομή των φύλλων και η αλληλεπίδρασή τους με την ηλεκτρομαγνητική ενέργεια. Η μεγαλύτερη ποσότητα του ορατού φωτός απορροφάται, ενώ περίπου το μισό της ενέργειας στο κοντινό υπέρυθρο ανακλάται. Πηγή: SEOS, τηλεπισκόπηση και GIS στην γεωργία	45
Εικόνα 10 Φασματική υπογραφή βλάστησης. Η βλάστηση έχει χαμηλή ανάκλαση στην ορατή περιοχή του φάσματος και υψηλή ανάκλαση στο κοντινό υπέρυθρο Πηγή: SEOS, τηλεπισκόπηση και GIS στην γεωργία	46
Εικόνα 11 Διαφορετικά επίπεδα πληροφοριών GIS σε στοίβα	53
Εικόνα 12 QuickBird – Μοζαμβίκη, Αφρική. Πηγή: Satellite imaging corporation	60
Εικόνα 13 IKONOS – Ισμαηλία, Αίγυπτος. Πηγή: Satellite imaging corporation	60
Εικόνα 14 Landsat TM-5 άποψη αεροδρομίου της Πάφου και το φράγμα του Ασπρόκρεμμου. Πηγή: Satellite imaging corporation	60
Εικόνα 15 Διάγραμμα φασματικής υπογραφής Landsat. Πηγή: biodiversityinformatics.amnh.org.....	61
Εικόνα 16 Διάγραμμα φασματικής υπογραφής Ikonos Πηγή: biodiversityinformatics.amnh.org.....	61
Εικόνα 17 Καμπύλες ανακλαστικότητας για διαφορετικά είδη βλάστησης με την τοποθέτηση φασματικών ζωνών για γνωστούς δορυφόρους. Πηγή: Remote sensing of freshwater habitats for large rivers and lakes of the Waikato region using sub-pixel classification. The university of Waikato	62
Εικόνα 18 Προσδιορισμός βλάστησης υπό συνθήκες καταπόνησης που έχουν ληφθεί από δεδομένα AVIRIS	68
Πηγή: U.S. Geological Survey	68
Εικόνα 19 Αγροτεμάχια όπως φαίνονται από τον δορυφόρο IKONOS (εικόνες πραγματικών και ψευδών χρωμάτων). Πηγή: Belgian Science Policy Office and Satellite Imaging Corp	69

Εικόνα 20	Οι διακυμάνσεις της υγείας των καλλιεργειών εντός πεδίων, χρησιμοποιώντας δεδομένα QuickBird. Πηγή: Satellite Imaging Corporation	70
Εικόνα 21	Περιεκτικότητα σε νερό των καλλιεργημένων πεδίων με θερμική απεικόνιση. Τα μπλε, πράσινα και κόκκινα pixels αντιπροσωπεύουν φυτά με επαρκή, μέση και χαμηλή συγκέντρωση νερού, αντίστοιχα. Πηγή: Wikimedia Commons and US Agricultural Research Service	71
Εικόνα 22	Χαρτογράφηση του δέλτα του ποταμού Mississippi, εντοπίζοντας τα πιο πιθανά σημεία όπου μπορεί να γίνει επίθεση από έντομα. Πηγή: Environmental Health Perspectives, Volume 108 (3), March 2000	72
Εικόνα 23	Κάμπια πεταλούδας τρώει ένα φύλλο. Οι ζημιές μπορεί να ανιχνευθούν με δεδομένα τηλεπισκόπησης, από την εκτίμηση της ζημίας στα φύλλα της περιοχής. Πηγή: Mel Evans, Associated Press.. ..	73
Εικόνα 24	Εικόνα πραγματικών και ψευδών χρωμάτων. Πηγή: SEOS – project.eu	74
Εικόνα 25	© 2004, DigitalGlobe, all rights reserved Άποψη αγροτικής περιοχής κοντά στο Eloyes, νοτιοανατολικά του Στρασβούργου, Γαλλία, από τον δορυφόρο IKONOS-2 Πηγή: DigitalGlobe	75
Εικόνα 26	Χωράφια στο Βέλγιο, τον Μάιο 2005 © Space Imaging Europe Πηγή: Belgian Earth Observation Platform	76
Εικόνα 27	Τα ίδια χωράφια, τον Αύγουστο. © Korea Aerospace Research Institute 2007 Πηγή: Belgian Earth Observation Platform.....	77
Εικόνα 28	Μέρος από την San Luis Κοιλάδα. Η θέα από δορυφόρο (εικόνα πραγματικών χρωμάτων). Πηγή: Google Earth	78
Εικόνα 29	Κατηγοριοποίηση εικόνας που δείχνει τα διάφορα είδη καλλιεργειών Πηγή: U.S. Geological Survey	79
Εικόνα 30	Παρουσίαση επίδικης έκτασης. Ημερομηνία επίσκεψης 16-010-2011. Πηγή: Google Earth, ημερομηνία λήψης 9-3-2003	84
Εικόνα 27	Τμήμα επίδικης έκτασης. Ημερομηνία λήψης 8-10-11. Δυτική άποψη	86
Εικόνα 31	Τμήμα επίδικης έκτασης κατά την ανθρωπογενή παρέμβαση. Ημερομηνία λήψης 6-11-08. Βόρεια άποψη.	86
Εικόνα 32	Τμήμα επίδικης έκτασης. Ημερομηνία λήψης 6-11-08. Βόρεια άποψη.....	87
Εικόνα 33	Ευρύτερη περιοχή μάρτυρα. Πηγή Google Earth	89
Εικόνα 34	Άποψη περιοχής μάρτυρα σε λεπτομέρεια. Πηγή Google Earth.....	90
Εικόνα 35	Περιοχή μάρτυρα επί της δορυφορικής εικόνας Landsat_1987_06_10	90
Εικόνα 36	Άποψη της τελικώς επιλεχθείσας περιοχής μάρτυρα. Ημερομηνία λήψης 13-9-11. Ανατολική άποψη.	91
Εικόνα 37	Άποψη της τελικώς επιλεχθείσας περιοχής μάρτυρα Ημερομηνία λήψης 13-9-09. Νότια άποψη.	91
Εικόνα 38	Landsat_1984_08_04	93
Εικόνα 39	Landsat_1985_05_19	94
Εικόνα 40	Landsat_1987_06_10	94
Εικόνα 41	Landsat_1987_6_26	95
Εικόνα 42	Landsat_1990_08_06	95
Εικόνα 43	Landsat_1991_06_21	96
Εικόνα 44	Landsat_1991_08_16	96
Εικόνα 45	Landsat_1992_08_26	97

Εικόνα 46	Landsat_2003_08_25	97
Εικόνα 47	Landsat_2005_01_10	98
Εικόνα 48	Landsat_2005_05_20	98
Εικόνα 49	IKONOS_14_04_2007	99
Εικόνα 50	Q_B multi_03_09_2003	99
Εικόνα 51	Q_B pan_03_09_2003	100
Εικόνα 52	Άποψη Ψηφιακού μωσαϊκού Πελοποννήσου. Πηγή: ZOELECTRONIC Ltd	102
Εικόνα 53	Η περιοχή μελέτης επί αποσπάσματος ΦΧ Ναύπλιον 1:50.000 της ΓΥΣ	103
Εικόνα 54	Επιλογή σημείων ελέγχου στην εικόνα Landsat_1984_08_04	111
Εικόνα 55	Το παράθυρο επιλογής παρουσίασης στατιστικού ελέγχου και αποθήκευσης των σημείων επίγειου ελέγχου μετά την επιλογή τους	112
Εικόνα 56	Διορθωμένη Landsat_1984_08_04	112
Εικόνα 57	Επιλογή σημείων ελέγχου στην εικόνα Landsat_1985_05_19	113
Εικόνα 58	Το παράθυρο επιλογής παρουσίασης στατιστικού ελέγχου και αποθήκευσης των σημείων επίγειου ελέγχου μετά την επιλογή τους	113
Εικόνα 59	Διορθωμένη Landsat_1985_05_19	114
Εικόνα 60	Επιλογή σημείων ελέγχου στην εικόνα Landsat_1987_06_10	114
Εικόνα 61	Το παράθυρο επιλογής παρουσίασης στατιστικού ελέγχου και αποθήκευσης των σημείων επίγειου ελέγχου μετά την επιλογή τους	115
Εικόνα 62	Διορθωμένη Landsat_1987_06_10	115
Εικόνα 63	Επιλογή σημείων ελέγχου στην εικόνα Landsat_1987_6_26	116
Εικόνα 64	Το παράθυρο επιλογής παρουσίασης στατιστικού ελέγχου και αποθήκευσης των σημείων επίγειου ελέγχου μετά την επιλογή τους	116
Εικόνα 65	Διορθωμένη Landsat_1987_6_26	117
Εικόνα 66	Επιλογή σημείων ελέγχου στην εικόνα Landsat_1990_08_06	117
Εικόνα 67	Το παράθυρο επιλογής παρουσίασης στατιστικού ελέγχου και αποθήκευσης των σημείων επίγειου ελέγχου μετά την επιλογή τους	118
Εικόνα 68	Διορθωμένη Landsat_1990_08_06	118
Εικόνα 69	Επιλογή σημείων ελέγχου στην εικόνα Landsat_1991_06_21	119
Εικόνα 70	Το παράθυρο επιλογής παρουσίασης στατιστικού ελέγχου και αποθήκευσης των σημείων επίγειου ελέγχου μετά την επιλογή τους	119
Εικόνα 71	Διορθωμένη Landsat_1991_06_21	120
Εικόνα 72	Επιλογή σημείων ελέγχου στην εικόνα Landsat_1991_08_16	120
Εικόνα 73	Το παράθυρο επιλογής παρουσίασης στατιστικού ελέγχου και αποθήκευσης των σημείων επίγειου ελέγχου μετά την επιλογή τους	121
Εικόνα 74	Διορθωμένη Landsat_1991_08_16	121
Εικόνα 75	Επιλογή σημείων ελέγχου στην εικόνα Landsat_1992_08_26	122
Εικόνα 74	Το παράθυρο επιλογής παρουσίασης στατιστικού ελέγχου και αποθήκευσης των σημείων επίγειου ελέγχου μετά την επιλογή τους	122
Εικόνα 75	Διορθωμένη Landsat_1992_08_26	123
Εικόνα 76	Επιλογή σημείων ελέγχου στην εικόνα Landsat_2003_08_25	123
Εικόνα 77	Το παράθυρο επιλογής παρουσίασης στατιστικού ελέγχου και αποθήκευσης των σημείων επίγειου ελέγχου μετά την επιλογή τους	124

Εικόνα 78	Διορθωμένη Landsat_2003_08_25	124
Εικόνα 79	Επιλογή σημείων ελέγχου στην εικόνα Landsat_2005_01_10	125
Εικόνα 80	Το παράθυρο επιλογής παρουσίας στατιστικού ελέγχου και αποθήκευσης των σημείων επίγειου ελέγχου μετά την επιλογή τους	125
Εικόνα 81	Διορθωμένη Landsat_2005_01_10	126
Εικόνα 82	Επιλογή σημείων ελέγχου στην εικόνα Landsat_2005_05_20	126
Εικόνα 83	Το παράθυρο επιλογής παρουσίας στατιστικού ελέγχου και αποθήκευσης των σημείων επίγειου ελέγχου μετά την επιλογή τους	127
Εικόνα 84	Διορθωμένη Landsat_2005_05_20	127
Εικόνα 85	Επιλογή σημείων ελέγχου στην εικόνα Q_B multi_03_09_2003.....	128
Εικόνα 86	Το παράθυρο επιλογής παρουσίας στατιστικού ελέγχου και αποθήκευσης των σημείων επίγειου ελέγχου μετά την επιλογή τους	128
Εικόνα 87	Διορθωμένη Q_B multi_03_09_2003.....	129
Εικόνα 76	Επιλογή σημείων ελέγχου στην εικόνα IKONOS_14_04_2007.....	129
Εικόνα 77	Το παράθυρο επιλογής παρουσίας στατιστικού ελέγχου και αποθήκευσης των σημείων επίγειου ελέγχου μετά την επιλογή τους	130
Εικόνα 78	Διορθωμένη IKONOS_14_04_2007.....	130
Εικόνα 88	Επιλογή σημείων GCPs κατά την γεωμετρική διόρθωση στην εικόνα 19-5-1985 χρησιμοποιώντας ως υπόβαθρο την διορθωμένη ως προς το ψηφιακό μωσαϊκό Πελοποννήσου δορυφορική εικόνα 4-8-1984.....	132
Εικόνα 89	Η εικόνα που εμφανίζεται στο δεύτερο παράθυρο του Geomatica 9.1 κατά τη γεωμετρική διόρθωση της ανωτέρω εικόνας και η οποία χρησιμοποιείται ως υπόβαθρο αναφοράς.....	132
Εικόνα 90	Το παράθυρο επιλογής παρουσίας στατιστικού ελέγχου και αποθήκευσης των σημείων επίγειου ελέγχου μετά την επιλογή τους	133
Εικόνα 91	Διάγραμμα τιμών ανακλαστικότητας σε κάθε ένα από τα κανάλια του θεματικού χαρτογράφου αναφερόμενο στην εικόνα Landsat_19-05-1985	135
Εικόνα 92	Landsat_4-8-84 μετά από χρήση NDVI.....	136
Εικόνα 93	Άποψη περιοχής επίδικης έκτασης (αριστερά), περιοχής μάρτυρα (δεξιά) στην εικόνα Landsat_4-8-84 μετά από χρήση NDVI.....	137
Εικόνα 94	Landsat_19-5-85 μετά από χρήση NDVI.....	137
Εικόνα 95	Άποψη περιοχής επίδικης έκτασης (αριστερά), περιοχής μάρτυρα (δεξιά) στην εικόνα Landsat_19-5-85 μετά από χρήση NDVI	138
Εικόνα 96	Landsat_10-6-87 μετά από χρήση NDVI.....	138
Εικόνα 97	Άποψη περιοχής επίδικης έκτασης (αριστερά), περιοχής μάρτυρα (δεξιά) στην εικόνα Landsat_10-6-87 μετά από χρήση NDVI	139
Εικόνα 98	Landsat_26-6-87 μετά από χρήση NDVI.....	139
Εικόνα 99	Άποψη περιοχής επίδικης έκτασης (αριστερά), περιοχής μάρτυρα (δεξιά) στην εικόνα Landsat_26-6-87 μετά από χρήση NDVI	140
Εικόνα 100	Landsat_6-8-90 μετά από χρήση NDVI.....	140
Εικόνα 101	Άποψη περιοχής επίδικης έκτασης (αριστερά), περιοχής μάρτυρα (δεξιά) στην εικόνα Landsat_6-8-90 μετά από χρήση NDVI	141
Εικόνα 102	Landsat_21-6-91 μετά από χρήση NDVI.....	141

Εικόνα 103	Άποψη περιοχής επίδικης έκτασης (αριστερά), περιοχής μάρτυρα (δεξιά) στην εικόνα Landsat_21-6-91 μετά από χρήση NDVI	142
Εικόνα 104	Landsat_16-8-91 μετά από χρήση NDVI.....	142
Εικόνα 105	Άποψη περιοχής επίδικης έκτασης (αριστερά), περιοχής μάρτυρα (δεξιά) στην εικόνα Landsat_16-8-91 μετά από χρήση NDVI	143
Εικόνα 106	Landsat_26-6-92 μετά από χρήση NDVI.....	143
Εικόνα 107	Άποψη περιοχής επίδικης έκτασης (αριστερά), περιοχής μάρτυρα (δεξιά) στην εικόνα Landsat_26-6-92 μετά από χρήση NDVI	144
Εικόνα 108	Landsat_25-8-03 μετά από χρήση NDVI.....	144
Εικόνα 109	Άποψη περιοχής επίδικης έκτασης (αριστερά), περιοχής μάρτυρα (δεξιά) στην εικόνα Landsat_25-8-03 μετά από χρήση NDVI	145
Εικόνα 110	Landsat_10-1-05 μετά από χρήση NDVI.....	145
Εικόνα 111	Άποψη περιοχής επίδικης έκτασης (αριστερά), περιοχής μάρτυρα (δεξιά) στην εικόνα Landsat_10-1-05 μετά από χρήση NDVI	146
Εικόνα 112	Landsat_20-5-05 μετά από χρήση NDVI.....	146
Εικόνα 113	Άποψη περιοχής επίδικης έκτασης (αριστερά), περιοχής μάρτυρα (δεξιά) στην εικόνα Landsat_20-5-05 μετά από χρήση NDVI.....	147
Εικόνα 114	Διάγραμμα τιμών φωτεινότητας.....	167
Εικόνα 115	Σύνθεση χάρτη CORINE στην ευρύτερη περιοχή μελέτης	168
Εικόνα 116	Εικόνα Landsat 10-Ιαν-1985 με έγχρωμο σύνθετο 4-3-1	169
Εικόνα 117	Εικόνα Landsat 10-Ιαν-1985 με έγχρωμο σύνθετο 5-4-3	170
Εικόνα 118	Εικόνα IKONOS σε απεικόνιση με φυσικά χρώματα (RGB 3-2-1)	171
Εικόνα 119	Εικόνα QuickBird σε απεικόνιση με φυσικά χρώματα (RGB 3-2-1)	171

ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ

Histogram 1	Landsat_1984_08_04.....	149
Histogram 2	Landsat_1985_05_19.....	150
Histogram 3	Landsat_1987_6_10.....	150
Histogram 4	Landsat_1987_6_26.....	151
Histogram 5	Landsat_1990_06_08.....	151
Histogram 6	Landsat_1991_6_21.....	152
Histogram 7	Landsat_1991_8_16.....	152
Histogram 8	Landsat_1992_08_26.....	153
Histogram 9	Landsat_2003_08_25.....	153
Histogram 10	Landsat_2005_1_10.....	154
Histogram 11	Landsat_2005_5_20.....	154
Histogram 12	Landsat_1984_08_04.....	155
Histogram 13	Landsat_1985_05_19.....	156
Histogram 14	Landsat_1987_06_10.....	156
Histogram 15	Landsat_1987_06_26.....	157

Histogram 16 Landsat_1990_08_06.....	157
Histogram 17 Landsat_1991_06_21.....	158
Histogram 18 Landsat_1991_08_16.....	158
Histogram 19 Landsat_1992_26_08.....	159
Histogram 20 Landsat_2003_08_25.....	159
Histogram 21 Landsat_2005_01_10.....	160
Histogram 22 Landsat_2005_05_20.....	160

ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 1 Ένταση των φαινομένων μετασχηματισμού του πλέγματος των χρήσεων γης στο νομό Αργολίδας και στους όμορους νομούς. Πηγή: Διονύσιος Μινέτος	26
Πίνακας 2 Συνοπτικός πίνακας χαρακτηριστικών των δορυφόρων LANDSAT, IKONOS, QUICKBIRD που έλαβαν χώρα στην μελέτη	59
Πίνακας 3 Στατιστικά δεδομένα καλλιεργειών ανά έτος και ανά κατηγορία περιοχής Ναυπλίου Αργολίδας. Πηγή: Υπουργείο Γεωργίας	83
Πίνακας 4 Συγκεντρωτικός πίνακας παρατηρήσεων χρησιμοποιούμενων δορυφορικών δεδομένων ..	93
Πίνακας 5 Παρουσίαση των τιμών Gain και Offset για κάθε εικόνα Landsat TM 4 σε κάθε ένα από τα κανάλια της	106
Πίνακας 6 Παρουσίαση των τιμών Gain και Offset για κάθε εικόνα Landsat TM 5 σε κάθε ένα από τα κανάλια της	107
Πίνακας 7 Παρουσίαση των τιμών RMS για κάθε μία από τις εικόνες Landsat	131
Πίνακας 8 Συγκεντρωτικός πίνακας τύπου μωσαϊκού στον οποίο η περιοχή μελέτης για κάθε χρησιμοποιούμενη εικόνα Landsat παρουσιάζεται με το ιστόγραμμά της	161
Πίνακας 9 Συγκεντρωτικός πίνακας τύπου μωσαϊκού στον οποίο η περιοχή μάρτυρας για κάθε χρησιμοποιούμενη εικόνα Landsat παρουσιάζεται με το ιστόγραμμά της	162
Πίνακας 10 Πίνακας τιμών όπως προκύπτουν από τα ιστογράμματα	166
Πίνακας 11 GCPs εικόνας Landsat 04_08_1984	176
Πίνακας 12 GCPs εικόνας Landsat 19_05_1985	177
Πίνακας 13 GCPs εικόνας Landsat 10_06_1987	177
Πίνακας 14 GCPs εικόνας Landsat 26_06_1987	178
Πίνακας 15 GCPs εικόνας Landsat 06_08_1990	178
Πίνακας 16 GCPs εικόνας Landsat 21_06_1990	179
Πίνακας 17 GCPs εικόνας Landsat 16_08_1991	179
Πίνακας 18 GCPs εικόνας Landsat 26_08_1992	180
Πίνακας 19 GCPs εικόνας Landsat 25_08_2003	180
Πίνακας 20 GCPs εικόνας Landsat 10_01_2005	181
Πίνακας 21 GCPs εικόνας Landsat 20_05_2005	181
Πίνακας 22 GCPs εικόνας QuickBird 03_09_2003.....	182
Πίνακας 23 GCPs εικόνας IKONOS 14_4_2007.....	182

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 Εισαγωγή

Η γη (το έδαφος, υπέδαφος, δάση), τα νερά (θάλασσες, λίμνες, ποτάμια), το κλίμα και γενικά η ατμόσφαιρα μέσα στην οποία ζει και κινείται ο άνθρωπος αποτελούν το φυσικό περιβάλλον του. Η σπουδαιότητα του είναι πολύ μεγάλη καθώς μέσα σε αυτό εξαρτάται η επιβίωση και η ανάπτυξη του ανθρώπου. Με την πάροδο των χρόνων συντελούνται πολλές αλλαγές στις χρήσεις / κάλυψη γης ενός τόπου και κατά συνέπεια και στο φυσικό περιβάλλον του. Οι αλλαγές αυτές οφείλονται σε διάφορους παράγοντες, ένας από τους κυριότερους είναι οι ανθρωπογενείς παράγοντες και οι επεμβάσεις, οι οποίες ως επί των πλείστων γίνονται για την ευκολότερη η διαβίωση του.

Η ανάγκη διαχείρισης του περιβάλλοντος, καθώς και η ανάγκη της παρακολούθησης των αλλαγών που θα συμβούν στο μέλλον, μέσω των διαχειριστικών πρακτικών του ανθρώπου, οδήγησε το επιστημονικό ενδιαφέρον στη μελέτη των διεργασιών που λαμβάνουν χώρα και στη συγκέντρωση των απαραίτητων δεδομένων με σκοπό τη χωρική μοντελοποίηση των διεργασιών αυτών.

Η αποτύπωση της παρακολούθησης των διαχρονικών αλλαγών των χρήσεων γης, προϋποθέτει μία σειρά από παραμέτρους οι οποίες δε μπορούν να καλυφθούν μόνο με τις επίγειες μεθόδους παρατήρησης του τοπίου (Mas, J-F. 1999). Οι διαχρονικές αλλαγές που προκαλούνται σε μια περιοχή παρουσιάζονται με τη χρήση δορυφορικών εικόνων και την επεξεργασία τους από τις σύγχρονες μεθόδους της Τηλεπισκόπησης και των Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών. Η Τηλεπισκόπηση σε συνδυασμό με τα Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών προσφέρουν τη δυνατότητα ανάπτυξης ενός ολοκληρωμένου συστήματος παρακολούθησης και διαχείρισης των φυσικών οικοσυστημάτων (Καρτέρης, 2004). Η χρήση σύγχρονων μεθόδων παρατήρησης, όπως είναι η τηλεπισκόπηση δίνει τη δυνατότητα να εστιάσουμε στην ανάπτυξη και την εφαρμογή μεθόδων και τεχνικών για τη μελέτη περιβαλλοντικών προβλημάτων και φαινομένων (Collins, J. and C. Woodcock. 1996). Οι περισσότεροι διαδεδομένες μέθοδοι τηλεπισκόπησης για τη συλλογή

πληροφοριών της γήινης επιφάνειας είναι η μέθοδος της δορυφορικής τεχνολογίας, η χρήση των αεροφωτογραφιών, τα δεδομένα που λαμβάνονται από επίγειες μετρήσεις, καθώς και όσα αναφέρονται σε θεματικούς χάρτες, όπως τοπογραφικούς, εδαφολογικούς και γεωλογικούς χάρτες.

1.2 Περιγραφή του προβλήματος

Στην παρούσα εργασία έγινε μελέτη της διαχρονικής χρήσης γης σε συγκεκριμένη έκταση (επίδικη έκταση) της κοινότητας του Μάνεση του δήμου Ναυπλίου ιδιοκτησίας Κωνσταντίνας Ιωαννίδη με εφαρμογή των τηλεπισκοπικών μεθόδων των σύνθετων λόγων NDVI και της μεθόδου των ιστογραμμάτων, επί ψηφιακών δορυφορικών απεικονίσεων. Σκοπός ήταν να προσδιοριστεί η εδαφική κάλυψη της ιδιοκτησίας αυτής σε διαχρονική βάση και ειδικότερα από το 1984 έως 2007. Αξιοποιώντας τις φασματικές υπογραφές οι οποίες καταγράφονται στην περιοχή του εγγύς υπέρυθρου τμήματος του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος έπειτα από την δημιουργία των σύνθετων λόγων NDVI, αποδεικνύουμε ότι η επίδικη περιοχή δεν προσδιορίζει καλλιεργούμενη έκταση, κατά τον ισχυρισμό των ιδιοκτητών, αλλά πρόκειται για έκταση με φυσική βλάστηση αραιής πυκνότητας, κατάλληλη μόνο για χρήση ως βοσκότοπος. Ουδέποτε έγινε εγκατάσταση δενδρώδους καλλιέργειας από το 1984 έως το 2007.

1.3 Μεθοδολογία – Διάγραμμα ροής

Η μεθοδολογία που ακολουθήθηκε στην παρούσα μελέτη ειδικεύσης αφορά στο συνδυασμό των τηλεπισκοπικών μεθόδων φωτοερμηνείας προκειμένου να εξαχθούν συμπεράσματα σχετικά με τις αλλαγές των χρήσεων και της κάλυψης γης στην συγκεκριμένη επίδικη έκταση, της κοινότητας Μάνεση του Δήμου Ναυπλίου.

Τα δεδομένα τα οποία προήλθαν από τις δορυφορικές εικόνες, αποτελούν τα πρωτογενή στοιχεία προς επεξεργασία και ανάλυση. Κατά την προ-επεξεργασία των δορυφορικών δεδομένων συμπεριλήφθητε ατμοσφαιρική και ραδιομετρική διόρθωση μέσω των λειτουργιών που προσφέρει

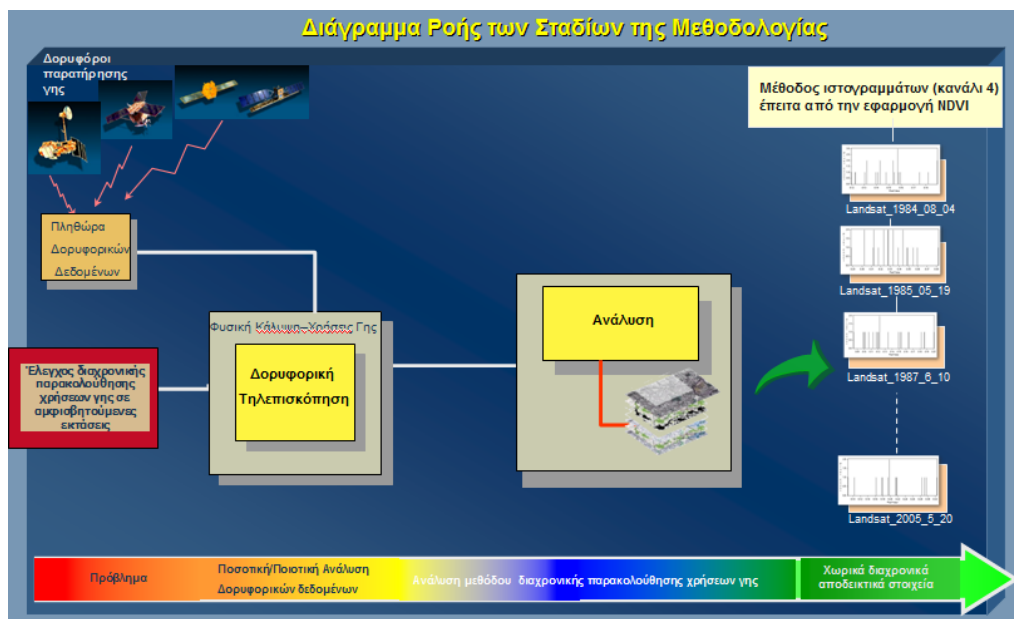
το λογισμικό PCI GEOMATICA. Στην συνέχεια, εκτελέστηκε γεωμετρική διόρθωση των εικόνων, κατά την οποία με τη χρήση πολωνύμων β' βαθμού, πραγματοποιείται ο μετασχηματισμός των εικονοσυντεταγμένων των εικονοστοιχείων της αρχικής εικόνας, από το σύστημα γραμμών και στηλών (rows-columns) του γραμμικού σαρωτή, στο χρησιμοποιούμενο γεωδαιτικό σύστημα αναφοράς (Εγκάρσια Μερκατορική Προβολή του ΕΓΣΑ 87).

Οι παραπάνω διαδικασίες, αφορούν την προετοιμασία των δεδομένων προκειμένου να εφαρμοστεί η τεχνική των σύνθετων λόγων NDVI και έπειτα η ανάλυση των ιστογραμμάτων. Η συγκεκριμένη μέθοδος αποτελεί την χρησιμοποιούμενη, από την παρούσα μελέτη, μέθοδο για την ανίχνευση αλλαγών στην χρήση γης επί της περιοχής μελέτης. Για την πραγματοποίηση της μεθόδου, χρησιμοποιήθηκε μια διαχρονική σειρά πολυφασματικών δορυφορικών απεικονίσεων 8 bit και οι οποίες μετά την δημιουργία των λόγων NDVI, μετατράπηκαν σε 32 bit, επί των οποίων καταγράφηκαν οι τιμές ανακλαστικότητας (reflectance) τόσο στην περιοχή της επίδικης έκτασης, όσο και σε περιοχή με κατά το δυνατόν ομοιογενή φυσική βλάστηση, η οποία επιλέχθηκε καταλλήλως επί των εικόνων. Η περιοχή με φυσική βλάστηση (περιοχή μάρτυρα), επιλέχθηκε να είναι ακριβώς η ίδια σε όλες τις εικόνες, προκειμένου να χρησιμοποιηθεί ως μέτρο σύγκρισης για την εξαγωγή αξιόπιστων αποτελεσμάτων. Αυτό κατέστη εφικτό με οριοθέτηση της με πολύγωνο επί μιας εικόνας και δια επιθέσεως του ίδιου πολυγώνου στις υπόλοιπες, γεωμετρικά διορθωμένες μεταξύ τους δορυφορικές σκηνές.

Από τη διαχρονική σειρά των δορυφορικών εικόνων NDVI, εξήχθησαν για τις δύο εκτάσεις τα ιστογράμματα, τα οποία απεικονίζουν την κατανομή των τιμών ανάκλασης σε reflectance των εικονοστοιχείων, τα οποία εμπίπτουν εντός των περιοχών,. Παράλληλα, εξήχθησαν οι στατιστικές τιμές του μέσου όρου, της ενδιάμεσης τιμής καθώς και της ελάχιστης και μέγιστης τιμής των τιμών των εικονοστοιχείων, με βάση της οποίες πραγματοποιήθηκε η σύγκριση σε κάθε χρονολογία. Οι τιμές αυτές, υπολογίστηκαν με βάση την καταγεγραμμένη ακτινοβολία στο κανάλι 4 (εγγύς υπέρυθρο) των πολυφασματικών δεκτών, δεδομένου ότι στο εν λόγω τμήμα του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος, η φυσική βλάστηση αντανακλά εντονότερα την ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία, απ' ότι

το χέρσο έδαφος ή το έδαφος με αραιή βλάστηση, οδηγώντας έτσι σε καταγραφή υψηλότερων τιμών.

Η μέθοδος των ιστογραμμάτων, έγκειται στην σύγκριση των μέσων όρων των τιμών reflectance των εικονοστοιχείων, μεταξύ της περιοχής μάρτυρα και της επίδικης έκτασης, προκειμένου να καθοριστεί το κατά πόσο ευσταθεί ή μη, ο ισχυρισμός της διαχρονικής εκμετάλλευσης της επίδικης έκτασης ως περιοχή αγροτικής καλλιέργειας.



1.4 Στόχος εργασίας

Με την πάροδο του χρόνου συντελούνται πολλές αλλαγές στις χρήσεις γης ενός τόπου και κατά συνέπεια και στο φυσικό περιβάλλον του. Οι αλλαγές αυτές οφείλονται σε δύο κυρίους παράγοντες, είτε σε φυσικές καταστροφές π.χ πυρκαγιά, είτε σε ανθρωπογενείς παράγοντες και επεμβάσεις, π.χ η επέκταση των καλλιεργήσιμων εκτάσεων και η αποψίλωση δασών. Στην εργασία αυτή

χρησιμοποιούνται τεχνικές δορυφορικής τηλεπισκόπησης με σκοπό να εξετάσουμε την μεταβολή των τιμών φωτεινότητας μεταξύ της περιοχής μελέτης σε σύγκριση με μία περιοχή μάρτυρα.

Πιο συγκεκριμένα, στόχος μελέτης είναι να αποδειχθεί ότι σε μία περιοχή μελέτης που είναι ιδιοκτησία της Κωνσταντίνας Ιωαννίδη και των κληρονόμων Ιωάννου Ανδρέα Ιωαννίδη δεν πραγματοποιήθηκε ουδέποτε γεωργική καλλιέργεια από το 1894 έως 2007. Η περιοχή έχει φυσική βλάστηση με αραιή πυκνότητα. Για την παραγωγή του αποτελέσματος χρησιμοποιήθηκαν 11 μέσης ευκρίνειας δορυφορικά δεδομένα (Landsat) συνεπικουρούμενες από 3 δορυφορικές εικόνες υψηλής ανάλυσης διαφορετικών ημερομηνιών.

2. ΓΝΩΣΤΙΚΟ ΥΠΟΒΑΘΡΟ

2.1 Οι αλλαγές χρήσεων γης

Τις δύο τελευταίες δεκαετίες οι μετασχηματισμοί του συστήματος χρήσεων γης εκδηλώνονται συνήθως με τη μορφή γρήγορων μεταβολών στη κάλυψη του εδάφους και εκ των πραγμάτων έχουν καταστεί αντικείμενο εντατικής διεπιστημονικής έρευνας .

Παρά το γεγονός ότι τα τελευταία χρόνια, έχει υπάρξει αυξημένο ενδιαφέρον και νέες αντιλήψεις για την προστασία και τη διαχείριση των φυσικών πόρων, η χωρική πολιτική στην Ελλάδα κατέχει μια σχετικά υποβαθμισμένη θέση σε σχέση με άλλους τομείς. Έτσι εμφανίζεται περιθωριοποιημένη στις πολιτικές προγραμματισμού της χώρας και είναι επόμενο να συναντάμε πολύ συχνά χωρικά μορφώματα που έχουν διαμορφωθεί σε μεγάλο βαθμό μακροχρόνια και τυχαία.

Κατά συνέπεια, οι στόχοι σχετικά με τη διευθέτηση του χώρου δεν είναι πάντοτε σαφείς και συμβατοί μεταξύ τους και επομένως, έννοιες όπως η βιώσιμη διαχείριση του χώρου, χωρική συνοχή κ.α. μέχρι σήμερα, δεν έχουν τύχει συστηματικής επεξεργασίας και κατάλληλης ενσωμάτωσης στην ελληνική πραγματικότητα.

Επιπλέον τα υπάρχοντα εργαλεία διαχείρισης του χώρου, όπως είναι ο χωροταξικός και ο πολεοδομικός σχεδιασμός, χαρακτηρίζονται από την απουσία ουσιαστικών και τεκμηριωμένων

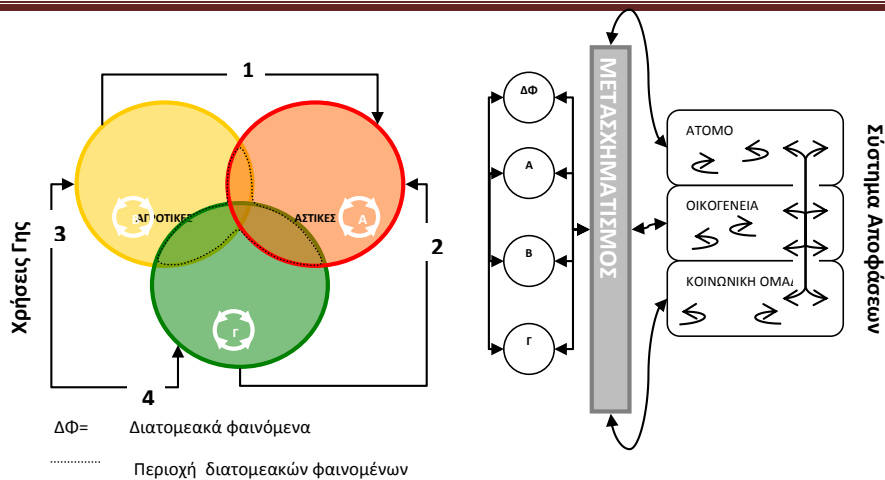
αναλύσεων για το μέγεθος, τους παράγοντες που επηρεάζουν και τη διαχρονική εξέλιξη των μεταβολών στις χρήσεις γης με αποτέλεσμα να παραβλέπονται κρίσιμες αλληλεξαρτήσεις μεταξύ των τοπικών δομών και να προσπερνούνται σύνθετες σχέσεις ανάμεσα στις επιλογές των χρηστών του χώρου σε ατομικό επίπεδο και στις επιλογές που απορρέουν από τη δράση ευρύτερων φορέων.

Τα εμφανή συμπτώματα αυτών των μεταβολών εκδηλώνονται ως αστική διάχυση, αυθαίρετη δόμηση, εγκατάλειψη αγροτικών γαιών, υποβάθμιση δασικών εκτάσεων κ.α. δημιουργείτε έτσι ένα χαοτικό σκηνικό του οποίου η κατανόηση είναι πολύ δύσκολη.

Είναι γενικά αποδεκτό ότι σήμερα βρίσκεται σε εξέλιξη μια σημαντική αλλαγή που επηρεάζει τις θεμελιώδεις σχέσεις του εδάφους και της χρήσης του από τον άνθρωπο όπου το ίδιο τμήμα εδάφους καλείται να εκπληρώσει και να προσφέρει μια ποικιλία λειτουργιών, ορισμένες φορές φαινομενικά ανόμοιων μεταξύ τους. Έτσι συχνά, σε ένα τμήμα του εδάφους μπορεί να συνυπάρχουν η κατοικία, η παραγωγή αγροτικών προϊόντων και αγροτουριστικών υπηρεσιών, περιβαλλοντικές λειτουργίες, η αναψυχή κ.α.. Σε ορισμένες περιπτώσεις είναι ιδιαίτερα δύσκολο ακόμη και να προσδιοριστεί πια πραγματικά είναι η κύρια χρήση του εδάφους (Rindfuss et al., 2004). Η παραπάνω πολυλειτουργικότητα της χρήσης αυξάνει το βαθμό δυσκολίας της ουσιαστικής μελέτης του φαινομένου του μετασχηματισμού των χρήσεων γης.

2.2 Διαδρομές μετασχηματισμού χρήσεων γης

Η δυναμική εξέλιξη των χρήσεων γης στη Ελλάδα, τις τελευταίες δύο δεκαετίες, πραγματοποιείται μέσω τεσσάρων διαδρομών, οι οποίες επηρεάζονται από μια σειρά κοινωνικοοικονομικά φαινόμενα και φυσικά από τα χαρακτηριστικά του χώρου. Οι διαδρομές αυτές παρουσιάζονται στην Εικόνα 2 και είναι οι εξής:



Εικόνα 2 Οι διαδρομές μετασχηματισμού του περιφερειακού πλέγματος των χρήσεων γης στην Ελλάδα τις τελευταίες δεκαετίες. Πηγή: Διονύσιος Μινέτος

1. **Μεταβολές αγροτικής γης σε αστική** α) στον περιαστικό χώρο λόγω της διαδικασίας της αστικής διάχυσης και β) στον ευρύτερο χώρο της υπαίθρου λόγω των φαινομένων της αυθαίρετης δόμησης και της νόμιμης εκτός σχεδίου δόμησης. Οι παραπάνω διαδικασίες προηγούνται, έπονται ή συμβαίνουν ταυτόχρονα, με τη επέκταση δημόσιων οδικών και άλλων υποδομών οι οποίες τροφοδοτούν το φαινόμενο του μετασχηματισμού των χρήσεων γης.
2. **Μεταβολές δασών και δασικής γης σε αστική:** στον περιαστικό και ευρύτερο χώρο της υπαίθρου α) μέσω του φαινομένου της αυθαίρετης δόμησης και β) της επέκτασης ή δημιουργίας νέων αναπτυξιακών υποδομών με την επιστράτευση της διοικητικής διαδικασίας της έγκρισης επέμβασης επί δασικών εκτάσεων.
3. **Μεταβολή δασών και δασικής γης σε αγροτική:** μέσω της εκχέρσωσης και επέκτασης των αγροτικών καλλιεργειών.
4. **Μεταβολή αγροτικής γης σε δασική:** α) στον ορεινό χώρο λόγω της αγροτικής εξόδου και της συνεπαγόμενης συρρίκνωσης των ορεισίβιων κοινοτήτων β) πιο σπάνια, στον παράκτιο χώρο λόγω εγκατάλειψης των οριακών σε απόδοση αγροτικών εκμεταλλεύσεων.

Τα παραπάνω φαινόμενα που επιδρούν στις τέσσερις διαδρομές μετασχηματισμού των χρήσεων γης είναι σύνθετα και διατομεακά (Petschel-Held et al., 1999; Verburg and Youqi, 2000; Verburg, 2006; Verburg et al., 2006) και η περιοχή δράσης τους είναι ο χώρος που τέμνονται οι τρεις κύκλοι της εικόνας 2. Παράλληλα, η ένταση και η έκταση των προαναφερθέντων μεταβολών επηρεάζονται και από συγκεκριμένες εσωτερικές ή τομεακές διεργασίες.

2.3 Τομεακές εσωτερικές διαδικασίες μεταβολής χρήσεων γης

Η έννοια της εσωτερικής διαδικασίας αναφέρεται στο γεγονός ότι εξελίσσεται μέσα σε ένα από τα τρία βασικά συστήματα χρήσεων (αστικό, αγροτικό και δασικό) και όχι στους παράγοντες που προκαλούν τις εσωτερικές διεργασίες και οι οποίοι είναι ως επί το πλείστον, εξωγενείς. Οι **εσωτερικές διεργασίες** αφορούν κυρίως μεταβολές από ανθρώπινους χειρισμούς που εκτελούνται μέσα στο πλαίσιο του κάθε τομέα και σε φυσικές διεργασίες (Lesschen et al., 2005). Επομένως, μπορούν να αναφερθούν τρεις τέτοιες κατηγορίες εσωτερικών διεργασιών:

- **Μορφολογικές, λειτουργικές και χρηστικές μεταβολές της αστικής γης** όπως είναι οι αναπλάσεις αστικών τμημάτων ή αλλαγή του ρόλου τους, η απαξίωση και εγκατάλειψη αστικών δομών και υποδομών όπως βιομηχανικών συνόλων, μεταφορικών εγκαταστάσεων κ.α..
- **Μεταβολή των ανθρώπινων χειρισμών που εφαρμόζονται στις αγροτικές εκμεταλλεύσεις** όπως είναι η εισαγωγή και καλλιέργεια νέων φυτικών ειδών, η άρδευση μη αρδευόμενων, στο παρελθόν, αγροτεμαχίων, η εισαγωγή νέας αγροτικής τεχνολογίας, η εφαρμογή νέων εδαφοβελτιωτικών και φυτοπροστατευτικών μέσων και οι καταπατήσεις.
- **Μορφολογικές, λειτουργικές και χρηστικές μεταβολές των δασικών εκτάσεων λόγω α)** του φαινομένου της φυσικής διαδοχής των οικοσυστημάτων και β) της μεταβολής στην ένταση και το είδος των ανθρώπινων χειρισμών όπως για παράδειγμα, η επιλεκτική υλοτόμηση, η βόσκηση και η αξιοποίηση του δάσους για τουρισμό και αναψυχή.

2.4 Αξιολόγηση των μεταβολών χρήσεων γης

Οι μεταβολές των χρήσεων της γης συνεπάγονται θετικές και αρνητικές επιπτώσεις στο οικονομικό, το κοινωνικό και το φυσικό περιβάλλον των χωρικών ενοτήτων στις οποίες συμβαίνουν. Οι επιπτώσεις μπορεί να έχουν περιορισμένη χωρική εμβέλεια ή να εκτείνονται σε ευρύτερες χωρικές μονάδες, προκαλώντας μεταβολές στις χρήσεις γης άλλων περιοχών (Chhabra et al., 2006). Οι επιπτώσεις μπορεί επίσης, να έχουν βραχυπρόθεσμη, μεσοπρόθεσμη ή μακροπρόθεσμη δράση, να είναι προσθετικές, αντιστρεπτές ή μη αντιστρεπτές. Στην εικόνα 4, αποτυπώνεται η χωρική κατανομή και η ένταση των κυριότερων φαινομένων που συνδέονται με το μετασχηματισμό των χρήσεων της γης. Με βάση την πληροφορία που εμπεριέχεται είναι δυνατόν να γίνουν οι εξής παρατηρήσεις σε σχέση με τις επιπτώσεις του φαινομένου των μεταβολών στις χρήσεις της γης:

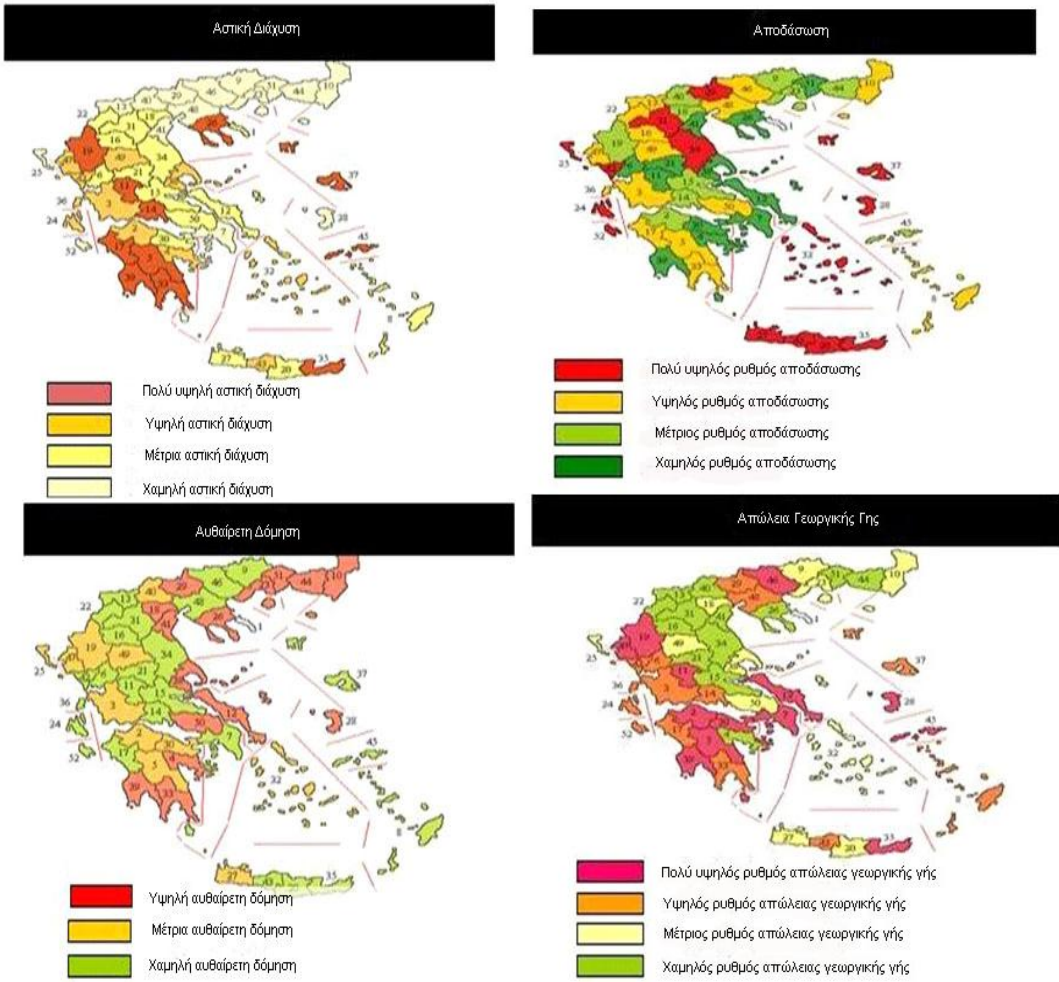
- Η υψηλής έντασης αποδάσωση αποτελεί διαδικασία μετασχηματισμού του χώρου αρκετών νησιωτικών και ορεινών περιοχών της χώρας, ορισμένων μόνο παράκτιων ηπειρωτικών νομών και ορισμένων νομών που γειτνιάζουν με τα μεγάλα αστικά κέντρα. Από τον εικόνα 4 γίνεται φανερό ότι το φαινόμενο της αποδάσωσης, συχνά συνυπάρχει είτε με την αστική διάχυση είτε με την αυθαίρετη δόμηση ή και με τις δύο παραπάνω διαδικασίες αστικής μεγέθυνσης. Πέρα από τις προφανείς επιπτώσεις στη χλωρίδα και τη πανίδα των ενοτήτων αυτών που περιλαμβάνουν πολλά ενδημικά είδη, ανακύπτουν ζητήματα διάβρωσης και απώλειας του εδάφους μέσω των χερσαίων αποπλύσεων προς στη θάλασσα, των ατμοσφαιρικών κατακρημνίσεων. Τέλος, θα πρέπει να αναφερθεί ότι ο περιορισμός των εκτάσεων που καλύπτονται από δάση, συμβάλει στη επιδείνωση ευρύτερων, περιφερειακής ή και παγκόσμιας κλίμακας προβλημάτων, όπως είναι η υποβάθμιση της ποιότητας της ατμόσφαιρας και η κλιματική αλλαγή.

- Οι αυξημένες απώλειες γεωργικής γης εμφανίζουν υψηλή ένταση στους αστικούς νομούς της χώρας και στους γειτονικούς τους νομούς, σε όλο σχεδόν το δυτικό παράκτιο τμήμα της χώρας και σε αρκετές νησιωτικές περιοχές. Δύο είναι οι διαδικασίες που συμβάλλουν στο σχηματισμό του παραπάνω προτύπου: (α) η αστικοποίηση της γεωργικής γης και, (β) η εγκατάλειψη οριακών

γεωργικών γαιών. Λαμβάνοντας υπόψη τον τρόπο με τον οποίο επιχειρείται μέρος του παραπάνω οικονομικού μετασχηματισμού (αυθαίρετη δόμηση, αστική διάχυση), οι αρνητικές οικονομικές, κοινωνικές και περιβαλλοντικές επιπτώσεις αναμένεται να έχουν μακροχρόνια δράση. Ειδικότερα, συρρικνώνεται η οικονομική βάση των χωρικών ενότητων και σε ορισμένες περιπτώσεις ο προσανατολισμός προς μια δραστηριότητα παράγει φαινόμενα «μονοκαλλιέργειας» (π.χ. τουρισμός) στη οικονομία με ότι αυτό συνεπάγεται για τη σταθερότητα και την ικανότητα της οικονομίας να απορροφά πιέσεις. Στη δεύτερη κατηγορία ενότητων, όπου οι απώλειες γεωργικής γης οφείλονται σε διαθρωπτικού τύπου παράγοντες, οι αρνητικές συνέπειες του φαινομένου συνδέονται με την κατάρρευση της κοινωνικής και της οικονομικής βάσης των συγκεκριμένων ενότητων.

Η αστική διάχυση, αφορά το μεγαλύτερο μέρος της χώρας αλλά εμφανίζει ιδιαίτερη ένταση στο δυτικό και νότιο τμήμα καθώς επίσης και στα περισσότερα νησιά.. Συχνή είναι επίσης κατά μήκος οδικών μεταφορικών αξόνων και οι εκτεταμένες εκτάσεις χαμηλής πυκνότητας αστικών μορφών (κατοικία, τουρισμός, κλπ.). Μεταξύ άλλων, περιλαμβάνουν την απώλεια γεωργικής γης και δασικών πόρων, τη υποβάθμιση της ποιότητας του περιβάλλοντος κ.λπ. Για τον περιορισμό ωστόσο, των παραπάνω συνεπειών υπάρχει ανάγκη συνολικού επαναπροσδιορισμού του συστήματος πολεοδομικού και χωροταξικού σχεδιασμού σε πολλές περιοχές της χώρας.

Η αυθαίρετη δόμηση, εμφανίζεται αυξημένη στο σύνολο των νομών που γειτνιάζουν με τα μεγάλα αστικά κέντρα της χώρας, σε ορισμένους παράκτιους νομούς, αλλά και σε ορισμένες πιο απομακρυσμένες χωρικές ενότητες. Ενώ παλαιότερα η αυθαίρετη δόμηση αποτελούσε φαινόμενο του αστικού και περιαστικού χώρου, με ισχυρές αρνητικές συνέπειες για τη μορφή και τη λειτουργικότητα των πόλεων, σήμερα φαίνεται να επηρεάζει ευρύτερες χωρικές ενότητες. Η νέα αυτή τη διάσταση της αυθαίρετης δόμησης, έχει σοβαρές συνέπειες στην ποιότητα του φυσικού κεφαλαίου των νομών της χώρας υποσκάπτοντας τη δυνατότητα αξιοποίησης των φυσικών αποθεμάτων σε μια κατεύθυνση στήριξης ενός βιωσιμότερου μοντέλου περιφερειακής ανάπτυξης.



Εικόνα 3 Χωρική διασπορά και ένταση των φαινομένων μετασχηματισμού των χρήσεων γης. Πηγή: Υπουργείο Γεωργίας 1992

ΝΟΜΟΣ	ΑΠΟΔΑΣΩΣΗ	ΑΠΩΛΕΙΑ ΓΕΩΡΓΙΚΗΣ ΓΗΣ	ΑΣΤΙΚΗ ΔΙΑΧΥΣΗ	ΑΥΘΑΙΡΕΤΗ ΔΟΜΗΣΗ
Αττική	X	ΠΥ	ΠΥ	X
Αργολίδα	X	X	Υ	Υ
Αρκαδία	Υ	ΠΥ	ΠΥ	Μ
Κορινθία	X	ΠΥ	Μ	Μ
Λακωνία	Υ	ΠΥ	ΠΥ	Μ

Πίνακας 1 Ένταση των φαινομένων μετασχηματισμού του πλέγματος των χρήσεων γης στο νομό Αργολίδας και στους όμορους νομούς. Πηγή: Διονύσιος Μινέτος

2.5 Το νέο νομοθετικό πλαίσιο για την αντιμετώπιση της αυθαίρετης δόμησης

Τα τελευταία δυο χρόνια με μια σειρά νομοθετικών πλαισίων επιχειρείτε να δοθεί λύση στο πολύπλοκο θέμα της αυθαίρετης δόμησης. Αξίζει να γίνει εν τάχη αναφορά σε δυο βασικούς νόμους

1. Ο νόμος **3843/2010** περί «**Ταυτότητας κτιρίων, υπερβάσεις δόμησης και αλλαγές χρήσης, μητροπολιτικές αναπλάσεις και άλλες διατάξεις**» Που στοχεύει στη βελτίωση των συνθηκών διαβίωσης των πολιτών και αποτελεί τομή στην ιστορία της πολεοδομικής νομοθεσίας, αφού βάζει τέλος στο φαύλο κύκλο της δημιουργίας πολεοδομικών αυθαιρεσιών με:

- τη μη αποδοχή της αυθαιρεσίας και τη θεσμοθέτηση μηχανισμού ελέγχου για την κατάργηση του φαινομένου,
- τη δημιουργία αρχείου συγκέντρωσης και φύλαξης των σημαντικών στοιχείων των κτιρίων, αλλά και μητρώου των εμπλεκόμενων φορέων, με στόχο να διαπιστώνονται οι αυθαίρετες κατασκευές πριν ολοκληρωθούν, προστατεύοντας με τον τρόπο αυτό τον πολίτη, με τις εισφορές να μην κατατίθενται στις Δ.Ο.Υ., αλλά απευθείας στο «Ταμείο Περιβαλλοντικού

Ισοζυγίου», στοχεύοντας στην άμεση αξιοποίησή τους με τρόπο μετρήσιμο και ανταποδοτικό σε κάθε περιοχή, ανάλογα με τις αυθαιρεσίες που έχουν καταγραφεί σε αυτή. Με τον τρόπο αυτό αποκαθίσταται η περιβαλλοντική βλάβη και δημιουργούνται έργα ανάπλασης που βελτιώνουν την ποιότητα ζωής σε τοπικό επίπεδο.

2. Νόμος 4014/2011 περί «**Περιβαλλοντικής αδειοδότησης έργων και δραστηριοτήτων, ρύθμιση αυθαιρέτων σε συνάρτηση με δημιουργία περιβαλλοντικού ισοζυγίου και άλλες διατάξεις αρμοδιότητας Υπουργείου Περιβάλλοντος.**»

Με τις ρυθμίσεις του νόμου αυτού επιχειρείται να αντιμετωπιστεί το πολύπλοκο πρόβλημα της αυθαίρετης δόμησης μέσα από την πολεοδομική, κοινωνική, περιβαλλοντική και οικονομική του διάσταση και τις αρχές της αειφορίας. Ο νόμος αποτελεί μέρος μιας πολιτικής προωθούμενων μεταρρυθμίσεων που συνδέονται μεταξύ τους και περιλαμβάνουν το νέο τρόπο έκδοσης οικοδομικών αδειών, το νέο Γενικό Οικοδομικό Κανονισμό (ΓΟΚ), τη θεσμοθέτηση βασικών μορφολογικών αρχιτεκτονικών κανόνων δόμησης σε κάθε δήμο της χώρας, καθώς και νέα εργαλεία για την άσκηση πολιτικής στο χώρο.



Εικόνα 4 Αυθαίρετη δόμηση σε περιοχή της Κορίνθου. Πηγή: ΤΟ ΒΗΜΑ

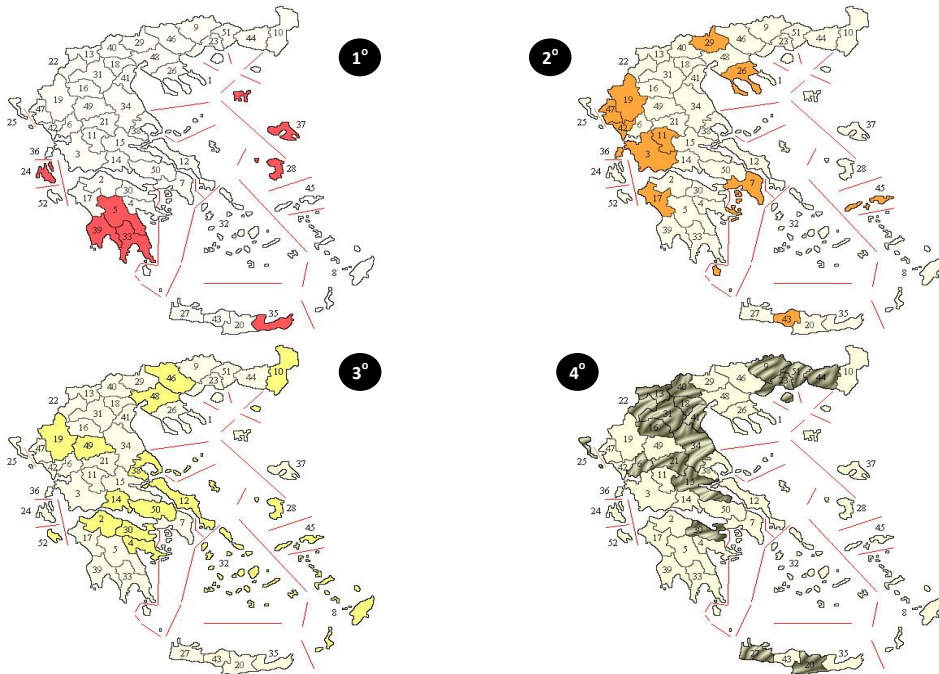
2.6 Χωρικές μεταβολές χρήσεων γης

Το φαινόμενο της μεταβολής των χρήσεων της γης είναι πολυσχιδές και εμφανίζει σημαντικές χωρικές διαφοροποιήσεις τόσο ως προς την ένταση και την κατεύθυνσή του, όσο και ως προς τις αιτίες που το προκαλούν και τις επιπτώσεις τις οποίες συνεπάγεται. Καταρχήν, προκειμένου να δοθεί μια ολοκληρωμένη (εποπτική) εικόνα σχετικά με το μέγεθος του φαινομένου των μεταβολών στις χρήσεις της γης συνολικά, επιχειρείται ο εντοπισμός των **«θερμών σημείων»** (Reid et al., 2006) ή **«σημείων πολύ υψηλής δραστηριότητας»** (hot-spots) του φαινομένου στην Ελλάδα. Στην πρώτη στήλη του πίνακα 1 παρουσιάζονται με πολύ υψηλή (ΠΥ) ένταση δύο τουλάχιστον από τα τέσσερα φαινόμενα του πίνακα 1 και ταυτόχρονα, υψηλή (Υ) ένταση ένα τουλάχιστον από τα τέσσερα φαινόμενα του πίνακα. Οι νομοί αυτοί αποτελούν τα «θερμά σημεία» πρώτου επιπέδου. Η χωρική κατανομή των «θερμών σημείων» του πρώτου επιπέδου παρουσιάζεται στο διάγραμμα .Σε αυτές τις χωρικές ενότητες η ανατροπές στο πλέγμα των χρήσεων γης θα πρέπει να είναι ραγδαίες και ίσως διακυβεύονται τα θεμελιώδη χαρακτηριστικά της φυσιογνωμίας και της ισορροπίας αυτών των περιοχών.

Επίσης, δημιουργείται μια δεύτερη κατηγορία θερμών σημείων, η οποία περιλαμβάνει τους νομούς με υψηλή ή πολύ υψηλή ένταση σε τρία από τα τέσσερα φαινόμενα του πίνακα ή νομούς με πολύ υψηλή ένταση σε δύο από τα τέσσερα φαινόμενα, εξαιρουμένων των νομών της πρώτης κατηγορίας. Οι νομοί αυτοί αποτελούν τα **«θερμά σημεία» δευτέρου επιπέδου**. Η χωρική κατανομή των «θερμών σημείων» του δευτέρου επιπέδου παρουσιάζεται στην εικόνα 5. Πρόκειται για περιοχές των οποίων οι χρήσεις της γης δείχνουν να μετασχηματίζονται ταχύτατα ενώ το άμεσο μέλλον προβλέπεται ιδιαίτερα προβληματικό.

Δημιουργείται ακόμη, μια τρίτη κατηγορία σημείων (νομοί με υψηλή ή πολύ υψηλή τιμή σε δύο από τα τέσσερα φαινόμενα του πίνακα) στους οποίους οι μεταβολές στο πλέγμα των χρήσεων γης είναι ενώ είναι σημαντικές δεν έχουν μεγάλη ένταση γιατί είτε βρίσκονται σε ύφεση σε σχέση με το παρελθόν (π.χ. Αττική, Θεσσαλονίκη, Δωδεκάνησα κλπ.), είτε αναμένεται να επιταχυνθούν στο μέλλον (Τρίκαλα, Ιωάννινα κλπ.).

Στους περισσότερους από τους εναπομείναντες νομούς, το φαινόμενο της μεταβολής των χρήσεων της γης παρουσιάζει χαμηλή ένταση. Ωστόσο, το επίπεδο της έντασης μπορεί να οφείλεται είτε στις αρνητικές συνέπειες που βίωσαν οι εν λόγω νομοί σε προηγούμενες περιόδους έντονης μεταβολής των χρήσεων της γης τους από την ανάπτυξη κάποιας ή κάποιων οικονομικών δραστηριοτήτων (π.χ. Κέρκυρα) είτε στα προβληματικά χαρακτηριστικά της οικονομικής και κοινωνικής τους βάσης και τη συνεπαγόμενη υπανάπτυξη.



Εικόνα 5 Θερμά σημεία (hot-spots) ή σημεία υψηλής δραστηριότητας του φαινομένου των μεταβολών στις χρήσεις της γης. Πηγή: Υπουργείο Γεωργίας

Συνοψίζοντας και με βάση τον πίνακα 1 ο νομός Αργολίδας λόγω χαμηλής αποδάσωσης και απώλειας γεωργικής γης αλλά και της υψηλής αστικής διάχυσης και αυθαίρετης δόμησης κατατάσσεται στη τρίτη κατηγορία δραστηριότητας του φαινομένου των μεταβολών στις χρήσεις της γης (3^η κατηγορία θερμού σημείου hot-spots)

2.7 Το Πρόγραμμα Corine

Η Ευρωπαϊκή Ένωση στα πλαίσια μίας προσπάθειας καταγραφής και χαρτογράφησης των χρήσεων/κάλυψης της δημιούργησε το πρόγραμμα CORINE (Coordination of Information on the Environment). Ο στόχος του ήταν να συγκεντρωθούν πληροφορίες σχετικά με το περιβάλλον και τους φυσικούς πόρους των χωρών μελών. Οι εκτάσεις οι οποίες καλύφθηκαν είναι 2,3 εκατομμύρια km², σε 12 χώρες, από τις 62^ο Β στα Νησιά Φερόες, ως τις 28^ο Ν στα Κανάρια Νησιά και από τις 14^ο Δ πάλι στα Κανάρια Νησιά ως τις 290 Α στο Καστελόριζο στην Ελλάδα. Η πρώτη βάση δεδομένων ολοκληρώθηκε το έτος 1990 και η αναβάθμιση του προγράμματος έγινε το έτος 2000 (Καρτέρης, 2004). Επιπρόσθετος στόχος του προγράμματος είναι η συλλογή των πληροφοριών που προέκυψαν τα προηγούμενα χρόνια σε εθνικό, περιφερειακό, και τοπικό επίπεδο, προκειμένου να γίνουν κατανοητές οι περιβαλλοντικές αλλαγές μέσα στη διάρκεια του χρόνου (EUROPEAN ENVIRONMENTAL AGENCY, 1997-99). Οι βασικές πληροφορίες στις οποίες στηρίζεται το πρόγραμμα προέρχονται από τα δεδομένα της τηλεπισκόπησης. Τα όργανα της τηλεπισκόπησης σημειώνουν τη φασματική συμπεριφορά των χαρακτηριστικών της επιφάνειας της γης, δηλαδή την εδαφική κάλυψη. Παράλληλα, κατά το στάδιο της φωτοερμηνείας των δορυφορικών εικόνων εξάγονται πολλές φορές συμπεράσματα και για τις χρήσεις της γης. (Καρτέρης, 2004).

Η επιλογή των δεδομένων Τηλεπισκόπησης εξαρτάται από την επιλογή του δέκτη από τον οποίο θα ληφθούν τα πολυφασματικά δεδομένα. Στα πλαίσια του προγράμματος αυτού βρέθηκε ότι η κατάλληλη κλίμακα χαρτών προς χαρτογράφηση ήταν η 1 : 100.000. Λαμβάνοντας υπόψη την κλίμακα αυτή και το γεγονός ότι η περιοχή μελέτης ήταν σε επίπεδο χώρας, τα διαθέσιμα δορυφορικά δεδομένα των δορυφόρων LANDSAT MSS και TM καθώς και του SPOT ήταν κατάλληλα (EUROPEAN ENVIRONMENTAL AGENCY, 1997-99, 2000). Η επιλογή του δέκτη

γίνεται βάση του κόστους απόκτησης των δεδομένων. Τα δορυφορικά δεδομένα των LANDSAT TM και του SPOT είναι πιο εύκολο να ερμηνευθούν αλλά κοστίζουν περισσότερο και χρειάζονται περισσότερο χρόνο επεξεργασίας από τα δεδομένα του LANDSAT MSS. Συνεπώς, η επιλογή των δορυφορικών δεδομένων για κάθε χώρα πρέπει να στηρίζεται στους παρακάτω παράγοντες:

- Διαθέσιμα κονδύλια.
- Μέγεθος της χώρας.
- Διαθεσιμότητα πρόσφατων, μικρής κλίμακας αεροφωτογραφιών.
- Διαθεσιμότητα εξειδικευμένου προσωπικού στην ερμηνεία και επεξεργασία των δορυφορικών δεδομένων.
- Διαθεσιμότητα δορυφορικών δεδομένων τα οποία αποκτήθηκαν παλαιότερα για άλλους σκοπούς.
- Διαθεσιμότητα ειδικού εξοπλισμού για την ανάλυση και ερμηνεία των δορυφορικών δεδομένων.

Μετά την επιλογή του δορυφόρου και του σαρωτή γίνεται η επιλογή της κατάλληλης ημερομηνίας συλλογής των δεδομένων. Για το συγκεκριμένο έργο τα δεδομένα πρέπει να είναι πρόσφατα, να έχουν αποκτηθεί κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού όπου η ανάκλαση της φυσικής βλάστησης βρίσκεται στο μέγιστο και Συλλογή και Επεξεργασία Στοιχείων Φυσικού Περιβάλλοντος και Λοιπών Δεδομένων οι κλιματικές συνθήκες να είναι οι κατάλληλες, ώστε οι δορυφορικές εικόνες να είναι το δυνατόν καθαρότερες και χωρίς σύννεφα. Για την ακριβή αποτύπωση των χαρακτηριστικών στον τελικό χάρτη της εδαφικής κάλυψης, απαραίτητη κρίθηκε η συλλογή και οργάνωση συμπληρωματικών δεδομένων. Τοπογραφικοί και θεματικοί χάρτες, στατιστικές πληροφορίες και αεροφωτογραφίες χρησιμοποιήθηκαν ως βασική συμπληρωματική πηγή δεδομένων και βοήθησαν στην ερμηνεία των δεδομένων και στον προσδιορισμό των ακριβών ορίων, καθώς και στην επαλήθευση και τον έλεγχο αξιοπιστίας των αποτελεσμάτων της χαρτογράφησης χρήσεων/κάλυψης γης.

Τα δεδομένα του προγράμματος CORINE διατίθενται δωρεάν προς επεξεργασία όλων των ενδιαφερόμενων μέσω του διαδικτύου.

2.8 Εφαρμογή του προγράμματος CORINE στην Ελλάδα

Το πρόγραμμα εδαφικής κάλυψης για τον Ελλαδικό χώρο εκπονήθηκε από τον Οργανισμό Κτηματολογίου και Χαρτογραφίσεων Ελλάδας (Ο.Κ.Χ.Ε.). Η έναρξη του προγράμματος έγινε την άνοιξη του 1990 και η ολοκλήρωση του το Δεκέμβριο του 1996. Πραγματοποιήθηκε σε τέσσερις φάσεις που αφορούν αντίστοιχες γεωγραφικές ενότητες, με σκοπό την δημιουργία θεματικών χαρτών κάλυψης και χρήσεων γης για όλη την Ελλάδα (Πεχλιβανίδου, 2007).

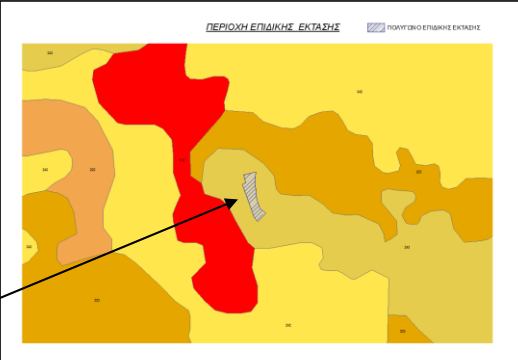
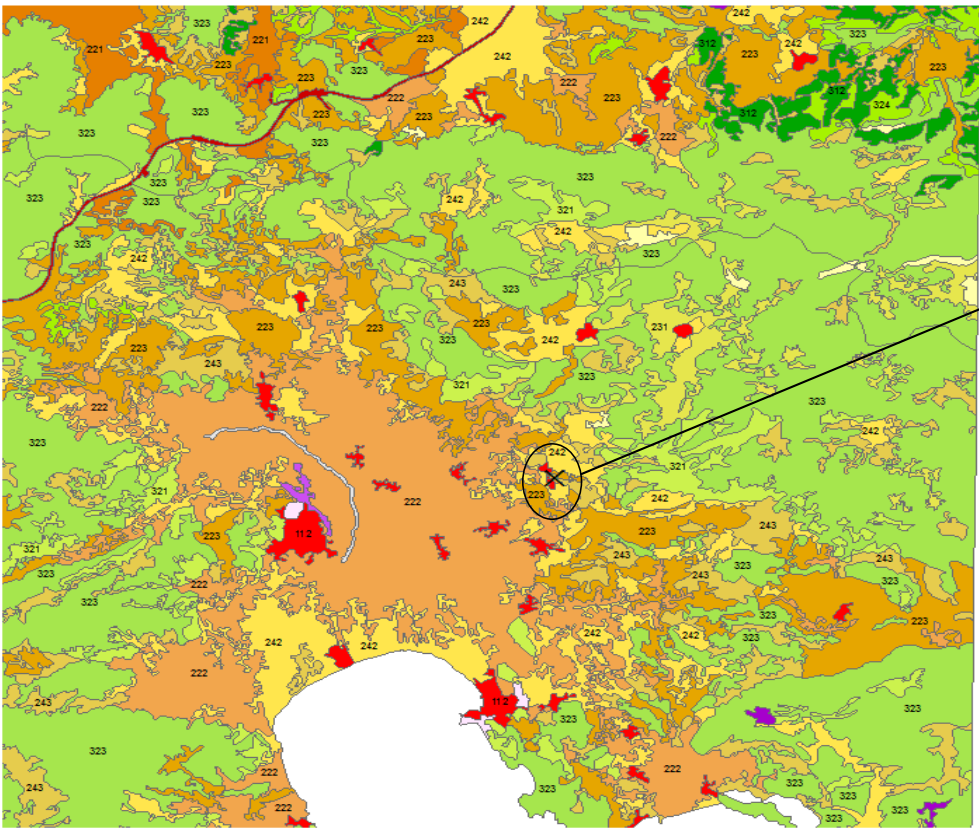
Τα δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν ήταν τα εξής :

- 22 εικόνες Landsat TM ημερομηνία λήψης : Μάιος - Σεπτέμβριος 1987
- Αεροφωτογραφίες ΓΥΣ κλίμακας 1 : 30.000 περιόδου 1982 – 1987
- Χάρτες γενικής χρήσεως της ΓΥΣ σε κλίμακα 1 : 100.000 και 1 : 50.000
- Ορθοφωτοχάρτες 1 : 20.000 του Υπ. Γεωργίας
- Δασικοί χάρτες του Υπ. Γεωργίας.

Κατά τη διάρκεια της εκπόνησης του προγράμματος παρουσιάστηκαν κάποιες δυσκολίες, όπως η δυσκολία στην κατανόηση της ονοματολογίας, οποία από τη φύση της ανέλυε το βιοφυσικό περιβάλλον με τέτοιο τρόπο ώστε να μπορεί να καλύψει την ανομοιογένεια του φυσικού τοπίου ανάμεσα στις μεσογειακές και τις χώρες της κεντρικής ή Βόρειας Ευρώπης, η έλλειψη ειδικευμένου προσωπικού και η δυσκολία κατανόησης των όρων, οι οποίοι δεν ήταν ελληνικοί. Επίσης, ο προβλεφθείς από την μεθοδολογία αριθμός αεροφωτογραφιών που χρειαζόταν για τη φωτοερμηνεία, αποδείχθηκε ανεπαρκής για την Ελλάδα και τελικά δεκαπλασιάστηκε. Η ύπαρξη του έντονου ανάγλυφου, η έντονη ποικιλία του φυσικού τοπίου αλλά και η μικρή διάσπαρτη ιδιοκτησία – κάλυψη γης δεν είχαν προβλεφθεί από την αρχική μεθοδολογία του προγράμματος εδαφικής κάλυψης του CORINE (Πεχλιβανίδου, 2007). (Πεχλιβανίδου, 2007).

Παρακάτω παρουσιάζεται η σύνθεση χάρτη Corine στην ευρύτερη περιοχή μελέτης. Τα ψηφιακά δεδομένα κατασκευής του χάρτη Corine προήλθαν από τον διαδίκτυο, συγκεκριμένα από την διεύθυνση www.geodata.gov ενώ από τον ΟΚΧΕ χρησιμοποιήθηκαν οι χρήσεις γης σε μορφή shapefile. Η σύνθεση έγινε στο ArcMap.

**ΧΡΗΣΕΙΣ ΓΗΣ ΚΑΤΑ CORINE LANDCOVER
ΣΤΗΝ ΕΥΡΥΤΕΡΗ ΠΕΡΙΟΧΗ ΜΕΛΕΤΗΣ**



- ✕ Περιοχή Ευδιάφανος
- ΥΠΟΜΗΜΑ CORINE LANDCOVER**
- 112 - Διασκομμένη αστική δόμηση
 - 121 - Βιομηχανικές ή εμπορικές ζώνες
 - 122 - Οδικά και σιδηροδρομικά δίκτυα και γεινιάζουσα γη
 - 131 - Χώροι εξόρυξης ορυκτών
 - 133 - Χώροι εκκαθάρισης
 - 142 - Εγκαταστάσεις αθλητισμού και αναψυχής
 - 211 - Μη αρδευόμενη αγροτική γη
 - 212 - Μόνιμα αρδευόμενη γη
 - 221 - Αμπανάς
 - 222 - Οπωροφόρα θάμνα και φυτείες με σαρκώδεις καρπούς
 - 223 - Ελαιώνες
 - 231 - Λιβάδια
 - 242 - Σύνθετα συστήματα καλλιέργειας
 - 243 - Γη που καλύπτεται κυρίως από γαιώδη με σημαντικές εκτάσεις φυσικής βλάστησης
 - 311 - Δάσος πλατόφυλλων
 - 312 - Δάσος κωνοφόρων
 - 313 - Μικτό δάσος
 - 321 - Φυσικοί βοσκότοποι
 - 323 - Εκηροφυλλική βλάστηση
 - 324 - Μεταβατικές θάμνοιες-θαμνώδεις εκτάσεις
 - 331 - Παράκτιες, αμμοκορφές, αμμουδιές
 - 333 - Εκτάσεις με αραιή βλάστηση

Εικόνα 6 Σύνθεση χάρτη CORINE στην ευρύτερη περιοχή μελέτης

2.9 Οργανισμοί

2.9.1 ΟΠΕΚΕΠΕ- Ιστορία

Ο ΟΠΕΚΕΠΕ (Οργανισμός Πληρωμών και Ελέγχου Κοινοτικών Ενισχύσεων Προσανατολισμού και Εγγυήσεων) είναι ο Ελληνικός Οργανισμός πληρωμών των κοινοτικών ενισχύσεων που λειτουργεί από το 2001 υπέρ του δημοσίου συμφέροντος και εποπτεύεται από τον Υπουργό Αγροτικής Ανάπτυξης και Τροφίμων.

Στόχος του ΟΠΕΚΕΠΕ ως Οργανισμού Πληρωμών είναι να καταβάλλει έγκαιρα, σωστά και με διαφάνεια τις αγροτικές ενισχύσεις που χορηγούνται από την Ευρωπαϊκή Ένωση στον γεωργικό τομέα.

Συγκεκριμένα ο ΟΠΕΚΕΠΕ διαχειρίζεται για λογαριασμό της Ελλάδας τις ενισχύσεις των δύο κοινοτικών ταμείων για την χρηματοδότηση των γεωργικών δαπανών του κοινοτικού προϋπολογισμού, δηλαδή το Ευρωπαϊκό Γεωργικό Ταμείο Εγγυήσεων (ΕΓΤΕ) και το Ευρωπαϊκό Γεωργικό Ταμείο Αγροτικής Ανάπτυξης (ΕΓΤΑΑ) καθώς και του Ευρωπαϊκού Ταμείου Αλιείας (ΕΤΑ). Δικαιούχοι των ενισχύσεων είναι κυρίως οι αγρότες-κτηνοτρόφοι αλλά και οι επενδυτές του αγροτικού τομέα, μεταποιητικές επιχειρήσεις κ.λπ.

Ο ΟΠΕΚΕΠΕ δεν προσδιορίζει ούτε επεμβαίνει στο περιεχόμενο της κοινοτικής πολιτικής για τη γεωργία αλλά καθορίζει τις πρακτικές λεπτομέρειες που σχετίζονται με τη χορήγηση των κοινοτικών ενισχύσεων και φροντίζει ώστε να υλοποιηθούν όλα όσα προβλέπονται από τα θεσμικά κείμενα που αναφέρονται στην Κοινή Αγροτική Πολιτική.

Ο ΟΠΕΚΕΠΕ συνεπώς είναι ένας οργανισμός που ελέγχει και ελέγχεται προκειμένου να καταναμηθούν δίκαια, σωστά και έννομα τα περίπου 3 δισεκατομμύρια ευρώ που διαχειρίζεται ετησίως. (www.opেকেpe.gr)

2.9.2 Ορισμός κτηματολογίου

Ένα σύγχρονο σύστημα Κτηματολογίου μιας χώρας ή απλά ένα κτηματολόγιο, ορίζεται ως ένα γενικό, με δημόσιο χαρακτήρα σύστημα καταγραφής χωρικών πληροφοριών με γεωγραφική απεικόνιση, το οποίο εμπεριέχει πληροφορίες γεωγραφικές και περιγραφικές, με αμφιμονοσήμαντη αλληλεξάρτηση, σχετικές με όλα τα γεωτεμάχια ή γενικότερα τα ακίνητα μιας χώρας κάθε κατηγορίας, μορφής ή χρήσης μετά των επ' αυτών νομικά αναγνωρισμένων και λοιπών εμπραγμάτων δικαιωμάτων κάθε ιδιωτικού ή δημόσιου προσώπου, κάθε μορφής ή κατηγορίας, οι οποίες έχουν αποδεικτική ισχύ και είναι ελαστικές, κατάλληλες, επαρκείς, στη σωστή κλίμακα, (ή ακρίβεια), αξιόπιστες, διαθέσιμες και ενήμερες σε κάθε χρόνο, προκειμένου να εξυπηρετηθούν καλύτερα οι προκαθορισμένοι στόχοι και οι πολλαπλοί σκοποί σε κάθε τομέα εξυπηρέτησης (operation, management, policy) και σε κάθε επίπεδο διοίκησης της χώρας. (Π.Ζεντέλης, 2011)

Ο οργανισμός που διαχειρίζεται το κτηματολόγιο στην Ελλάδα είναι ο ΚΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΟ Α.Ε. Η εταιρία «Κτηματολόγιο Α.Ε.» είναι Νομικό Πρόσωπο Ιδιωτικού Δικαίου και έχει σκοπό τη μελέτη, σύνταξη και λειτουργία του Εθνικού Κτηματολογίου. Το Εθνικό Κτηματολόγιο είναι ένα ενιαίο και διαρκώς ενημερωμένο σύστημα πληροφοριών που καταγράφει τις νομικές, τεχνικές και άλλες πρόσθετες πληροφορίες για τα ακίνητα και τα δικαιώματα πάνω σ' αυτά, με την ευθύνη και την εγγύηση του Δημοσίου. Η σύνταξη του αποσκοπεί στη δημιουργία ενός σύγχρονου, πλήρως αυτοματοποιημένου αρχείου ακίνητης ιδιοκτησίας, όλα τα στοιχεία του οποίου έχουν αποδεικτικό χαρακτήρα, εξασφαλίζοντας τη μεγαλύτερη δυνατή δημοσιότητα και ασφάλεια των συναλλαγών.(www.ktimatologio.gr)

2.9.3 Ο.Σ.Δ.Ε – LPIS

Από το 1993 με την τότε Κ.Α.Π. εισήχθησαν καινοτομίες για την καταβολή των ενισχύσεων από τους αγρότες με κύριο χαρακτήρα την αλλαγή της διαδικασίας υπολογισμού των ενισχύσεων. Με τη νέα διαδικασία σε πολλές περιπτώσεις χρησιμοποιείται η καλλιέργεια αντί της παραγωγής. Το

σύστημα που διαχειρίζεται τις ενισχύσεις ονομάστηκε “Ολοκληρωμένο Σύστημα Διαχείρισης και Ελέγχου” (Ο.Σ.Δ.Ε.). Ο στόχος του Ο.Σ.Δ.Ε. ήταν να καλύπτει:

- τα καθεστάτα χρηματοδοτικής ενίσχυσης στο τομέα των αγροτικών καλλιεργειών και στον τομέα της ζωικής παραγωγής (κρέατος).
- την αποτελεσματικότητα ειδικών μέτρων, που λαμβάνονται υπέρ της γεωργίας σε ορεινές και σε ορισμένες μειονεκτικές περιοχές.
- τη δυνατότητα να περιληφθούν στο μέλλον πρόσθετα καθεστάτα ενίσχυσης που σχηματίζονται με την επέκταση
- την επαλήθευση των αιτήσεων για ενίσχυση.

Ο καν. 1593/00 του συμβουλίου της Ε.Ε. τροποποίησε τον καν.3508/92 σχετικά με τα θέματα του Ο.Σ.Δ.Ε. και εισήγαγε τις κατωτέρω υποχρεώσεις των κρατών-μελών:

- κάθε κράτος-μέλος οφείλει στο πλαίσιο του Ο.Σ.Δ.Ε. να δημιουργήσει ένα σύστημα αναγνώρισης αγροτεμαχίων με την ονομασία L.P.I.S. (land parcel identification system) με βάση ορθοφωτογραφίες ισοδύναμης ακρίβειας 1:10.000 και με τεχνολογία G.I.5
- τα καθεστάτα ενισχύσεων για τα προϊόντα, που περιλαμβάνονται στο Ο.Σ.Δ.Ε. καθώς και τα καθεστάτα των προϊόντων που απαριθμούνται στο παράρτημα του καν. 1593/00, πρέπει να οργανωθούν σε ενιαίο χαρτογραφικό υπόβαθρο προκειμένου να είναι συμβατά μεταξύ τους. Αυτό σημαίνει ότι τα διαφορετικά καθεστάτα πρέπει να συγκροτούνται κατά τρόπο που να επιτρέπει την κοινή λειτουργία και την ανταλλαγή δεδομένων χωρίς προβλήματα ή αντιφάσεις.

Εκ των ανωτέρω προκύπτει ότι το L.P.I.S. εκ των κανονισμών καλύπτει το σύνολο της αγροτικής γης της χώρας εκτός των αγροτεμαχίων, τα οποία δεν περιλαμβάνονται στο σύστημα. Οι περιπτώσεις αυτές αναφέρονται στα αγροτεμάχια που δεν εκμεταλλεύονται παραγωγικά, όταν οι τελευταίοι για άλλες καλλιέργειές τους δεν έχουν καταθέσει δήλωση στο Ο.Σ.Δ.Ε. ή έχουν καταθέσει δήλωση ενίσχυσης σε ένα των καθεστώτων του παραρτήματος καν. 1593/00. Το L.P.I.S. άρχισε να αναπτύσσεται το 2002 με πιλοτικό πρόγραμμα στο ν. Τρικάλων. Σημειώνεται στο σημείο αυτό ότι η

ενημέρωση του συνόλου των καλλιεργειών, που περιλαμβάνονται στο Ο.Σ.Δ.Ε., πρέπει να γίνεται ταυτόχρονα στο πλαίσιο του L.P.I.S. (Π. Ζεντέλης, 2011)

2.9.4 Ο.Κ.Χ.Ε

Ο Οργανισμός Κτηματολογίου και Χαρτογραφίσεων Ελλάδας (Ο.Κ.Χ.Ε.) είναι Δημόσιος Οργανισμός που τελεί υπό την εποπτεία του Υπουργείου Περιβάλλοντος, Ενέργειας & Κλιματικής Αλλαγής. Διοικείται από επταμελές Διοικητικό Συμβούλιο, διοριζόμενο από τον Υπουργό. Η διάρκεια της θητείας είναι τριετής και μπορεί να ανανεωθεί χωρίς κανένα περιορισμό.

➤ Σκοπός του Ο.Κ.Χ.Ε.

Σύμφωνα με τον ιδρυτικό του νόμο 1647/86 ο σκοπός του Ο.Κ.Χ.Ε. είναι:

- Η σύνταξη, τήρηση και ενημέρωση του ενιαίου αποδεικτικού Κτηματολογίου της Ελλάδος.
- Η γεωδαιτική κάλυψη και χαρτογράφηση της χώρας.
- Η απογραφή και χαρτογράφηση των φυσικών διαθεσίμων.
- Η δημιουργία τράπεζας στοιχείων γης και περιβάλλοντος.

➤ Αρμοδιότητες του Ο.Κ.Χ.Ε.

• Η ευθύνη για τη δημιουργία βασικών χαρτών και παράγωγων χαρτών, διαγραμμάτων καθώς και η ενημέρωση, αναθεώρηση και διαχείρισή τους. Η έγκριση, ο συντονισμός και η παρακολούθηση όλων των χαρτογραφικών και κτηματολογικών προγραμμάτων του δημοσίου τομέα.

• Η εκτέλεση αεροφωτογραφικών εργασιών και φωτογραμμετρικών προγραμμάτων για τους δημόσιους φορείς.

• Η συνεργασία με τους δημόσιους φορείς για την δημιουργία και διαχείριση θεματικών χαρτών.

• Η δημιουργία και διαχείριση του Κτηματολογίου της Ελλάδος και ενός συστήματος πληροφοριών για την γη και το περιβάλλον.

- Η σύνταξη προδιαγραφών, κανονισμών και τιμολογίων για σχετικές εργασίες.
- Η ανάπτυξη έρευνας και πληροφορικής όσον αφορά όλα τα παραπάνω πεδία.
- Η εκτέλεση οποιουδήποτε επιπλέον προγράμματος αναγκαίου για την ολοκλήρωση της αποστολής του.(www.okxe.gr)

2.10 Δορυφορική τηλεπισκόπηση

Η παρακολούθηση της γης από το διάστημα αποτελεί τα σαράντα τελευταία χρόνια ένα σημαντικό εργαλείο για τη μελέτη του φυσικού περιβάλλοντος, την κατανόηση του παγκόσμιου κλίματος, και την ενίσχυση αναπτυξιακών και παραγωγικών δραστηριοτήτων σε μια περιοχή. Η δορυφορική τηλεπισκόπηση για την μελέτη της γης άρχισε να αποκτά ιδιαίτερο ενδιαφέρον, όταν οι τεχνικές δυνατότητες των δορυφόρων που κινούνται σε τροχιά γύρω από τη γη ακολουθούσαν από την ραγδαία ανάπτυξη των δυνατοτήτων των Η/Υ για την διαχείριση μεγάλου όγκου δεδομένων, σε όσο το δυνατόν μικρότερο χρόνο (Lillesand και Kiefer, 1994)

Η τηλεπισκόπηση ή τηλεανίχνευση είναι ο επιστημονικός κλάδος συλλογής δεδομένων με τεχνικά μέσα και χωρίς φυσική επαφή, για ένα αντικείμενο που βρίσκεται στην επιφάνεια της γης ή στην ατμόσφαιρα της. Διάφορες μορφές καταγραφής δεδομένων από απόσταση αποτελούν οι αεροφωτογραφίες, οι δορυφορικές εικόνες και οι εικόνες από ραντάρ. Πιο χαρακτηριστικά και διαδεδομένα είναι τα στοιχεία που προέρχονται από ανιχνευτές που βρίσκονται εγκατεστημένοι πάνω σε δορυφόρους (Δορυφορική Τηλεπισκόπηση).

Η ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία που εκπέμπεται ή ανακλάται από τα διάφορα αντικείμενα παρατήρησης (επιφάνειες), αποτελεί την παράμετρο η οποία εξετάζεται σχολαστικά σε όλες τις διαδικασίες τηλεπισκόπησης. Η εφαρμογή της τηλεπισκόπησης στηρίζεται στην δυνατότητα συλλογής ακτινοβολίας σε μια μεγάλη περιοχή του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος, σε συνδυασμό με το γεγονός ότι η κατανομή της ακτινοβολίας που εκπέμπει ή ανακλά κάθε σώμα σε διάφορα μήκη κύματος είναι χαρακτηριστική της φυσικής κατάστασης και της χημικής του σύστασης (φασματική απογραφή), (Slater, 1980). Η φασματική καταγραφή είναι χαρακτηριστική για κάθε σώμα ή χημική ένωση και μας επιτρέπει να διακρίνουμε το χιόνι από το νερό, την βλάστηση από το έδαφος, τους

διάφορους τύπους πετρωμάτων, τις διάφορες ενώσεις τόσο στην ατμόσφαιρα όσο και στη θάλασσα (Lo, 1986). Τα ανιχνευτικά όργανα των δορυφόρων καταγράφουν την ακτινοβολία η οποία προέρχεται από την γη σε διαφορετικές ζώνες του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος.

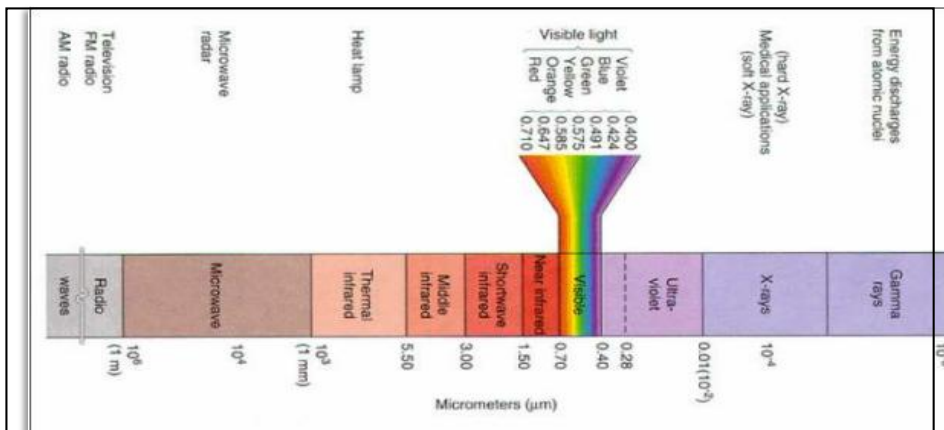
Η διαδικασία που ακολουθείται έχει ως εξής:

Για κάθε στοιχειώδη επιφάνεια ανάλυσης, την οποία ονομάζουμε εικονοστοιχείο (pixel) τα δεδομένα αντιστοιχούν σε κάποια τιμή ακτινοβολίας η οποία καταχωρείται σε κάθε μια από τις εν λόγω επιφάνειες. Στη συνέχεια, οι τιμές αυτές αντιστοιχίζονται σε διαφορετικά χρώματα ή σε αποχρώσεις του γκριζου, για να μας δώσουν μια εικόνα. Με περαιτέρω επεξεργασία των ψηφιακών αυτών δεδομένων παραλαμβάνουμε ένα πλήθος προϊόντων τα οποία χρησιμοποιούνται για διάφορους σκοπούς.

2.11 Ηλεκτρομαγνητική Ακτινοβολία

Κάθε τηλεπισκοπική απεικόνιση προκύπτει ουσιαστικά με την κατάλληλη καταγραφή ποιοτικών και μετρητικών πληροφοριών, οι οποίες μεταφέρονται μέσω της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας μετά από την αλληλεπίδραση με την ατμόσφαιρα και τα αντικείμενα/ εμφανίσεις στην επιφάνεια της γης. Η δυνατότητα λήψης δεδομένων σε μια μεγάλη περιοχή του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος (από την κοσμική ακτινοβολία μέχρι τα μικροκύματα), σε συνδυασμό με το γεγονός ότι η κατανομή της ακτινοβολίας που εκπέμπει ή ανακλά κάθε αντικείμενο/εμφάνιση σε διάφορα μήκη κύματος είναι χαρακτηριστική της φυσικής κατάστασης και της χημικής του σύστασης, οδηγεί στην εξ αποστάσεως αναγνώριση και μελέτη του, δηλαδή σε εφαρμογή της τηλεπισκόπησης. Οι δέκτες οι οποίοι είναι τοποθετημένοι σε δορυφόρους καταγράφουν την ηλεκτρομαγνητική ενέργεια ή την ένταση των ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων. Οι κύριες ιδιότητες που χαρακτηρίζουν ένα ηλεκτρομαγνητικό κύμα, όπως και κάθε κύμα γενικότερα, είναι το μήκος κύματος (λ), που ορίζεται ως η απόσταση μεταξύ δύο κορυφών του κύματος, και η συχνότητά του (ν), δηλαδή ο αριθμός των κυμάτων που διέρχονται από ένα σημείο σε ένα δευτερόλεπτο, η οποία μετρείται σε Hertz (Hz). Το σύνολο των ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων με διαφορετικό μήκος κύματος αποτελεί το ηλεκτρομαγνητικό φάσμα. Το ηλεκτρομαγνητικό φάσμα συνίσταται από κύματα με μήκη κύματος από $0,1\mu\text{m}$ ($1\text{m} =$

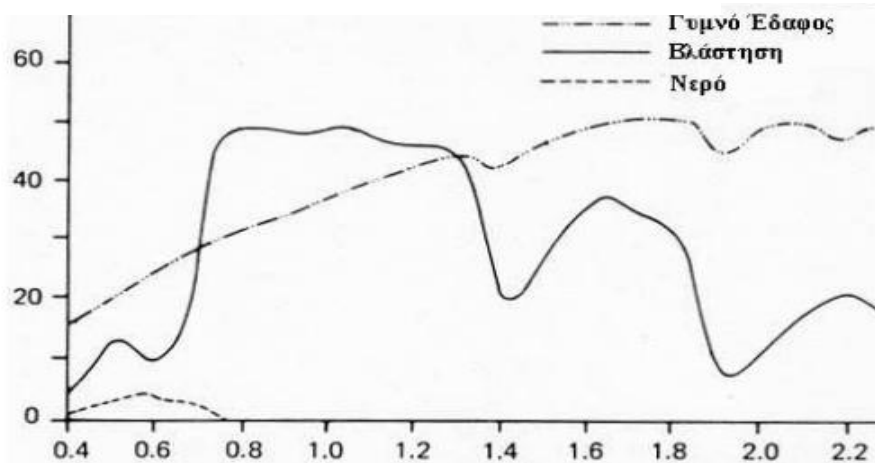
1.000.000 μm) έως 100m και περιλαμβάνει: το πεδίο ακτίνων γ (γ -rays), το πεδίο ακτίνων x (x-rays), το πεδίο υπεριώδους ακτινοβολίας (ultraviolet), το πεδίο ορατού φως (visible light), το πεδίο υπέρυθρης ακτινοβολίας (infrared), το πεδίο μικροκυμάτων (microwaves) και το πεδίο ραδιοκυμάτων (radio waves).



Εικόνα 7 Οι περιοχές του φάσματος της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας. Πηγή: Documentartygr.blogspot

Από το συνολικό πεδίο του φάσματος της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας, η τηλεπισκόπηση αξιοποιεί την περιοχή εκείνη που έχει μήκος κύματος και περιλαμβάνει το υπεριώδες, το ορατό φως, το εγγύς και μέσο υπέρυθρο, το θερμικό υπέρυθρο και τα μικροκύματα. Κάθε αντικείμενο/εμφάνιση έχει μια φασματική υπογραφή, όπως ονομάζεται, η οποία είναι το ποσό της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας που ανακλάται από το αντικείμενο/εμφάνιση. Το ποσό αυτό καταγράφεται από τον δέκτη ως μια συγκεκριμένη τιμή για κάθε πεδίο του φάσματος της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας. Ανάλογα με το εκάστοτε εξεταζόμενο πεδίο του φάσματος, για το ίδιο αντικείμενο/εμφάνιση, μπορούμε να πάρουμε και διαφορετική πληροφορία. Έτσι, η φασματική υπογραφή μας επιτρέπει να διακρίνουμε το χιόνι από το νερό, τη βλάστηση από το χώμα, τους διάφορους τύπους πετρωμάτων μεταξύ τους, τις διάφορες ενώσεις στην ατμόσφαιρα. Το ορατό τμήμα του φάσματος είναι εξαιρετικά μικρό, αφού η φασματική ευαισθησία του ανθρώπινου ματιού εκτείνεται μόνο από 0,4 μm μέχρι

περίπου 0,7 μm . Το μπλε χρώμα απεικονίζεται στο εύρος από 0,4 έως 0,5 μm περίπου. Το πράσινο από 0,5 έως 0,6 μm και το κόκκινο από 0,6 έως 0,7 μm περίπου. Η υπεριώδης (UV) ενέργεια συνορεύει με το τέλος του μπλε στην ορατή περιοχή του φάσματος. Στο τέλος του κόκκινου (τέλος ορατής περιοχής) συνορεύουν 3 διαφορετικές κατηγορίες υπέρυθρων κυμάτων: Το εγγύς υπέρυθρο (από 0.7 έως 1.3 μm), το μέσο υπέρυθρο (από 1.3 έως 3 μm) και το θερμικό υπέρυθρο (πέρα των 3 μm). Η περιοχή του θερμικού υπέρυθρου σχετίζεται άμεσα με τη θερμική ενέργεια. Η μικροκυματική περιοχή του φάσματος βρίσκεται μεταξύ του 1mm και του 1m. (Αργιαλάς, 2000)



Εικόνα 8 Τυπικές καμπύλες φασματικής ανακλαστικότητας για βλάστηση, νερό και έδαφος (Αργιαλάς, 2000)

Στο διάγραμμα της Εικόνας 8 φαίνονται οι καμπύλες ανακλαστικότητας τριών βασικών εμφανίσεων: υγιής πράσινη βλάστηση, έδαφος και υδάτινες μάζες. Παρατηρούμε ότι, καθώς προχωράμε από το ορατό προς το εγγύς υπέρυθρο (0,7 μm) η ανακλαστικότητα της βλάστησης αυξάνει δραματικά, αφού σε αυτό το τμήμα του φάσματος η απορρόφηση είναι ελάχιστη, ενώ για μήκη κύματος μεγαλύτερα του 1,4 μm η ανακλαστικότητα μειώνεται, αφού η ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία σε αυτά τα μήκη κύματος απορροφάται από την υγρασία που υπάρχει στο φύλλωμα. Η

καμπύλη ανακλαστικότητας του εδάφους παρουσιάζει λιγότερες διακυμάνσεις, αφού οι παράγοντες που την επηρεάζουν περιορίζονται σε πιο συγκεκριμένα πεδία του φάσματος. Το νερό εξ' άλλου, τόσο όταν απαντάται με τη μορφή μεγάλων συγκεντρώσεων, όσο και όταν έχει τη μορφή υγρασίας στο φύλλωμα, παρουσιάζει τη μεγαλύτερη απορροφητικότητα στην περιοχή του εγγύς υπέρυθρου και του υπέρυθρου. Γενικά, είναι φανερό ότι οι τρεις αυτές εμφανίσεις μπορούν να διαχωριστούν εύκολα μεταξύ τους, αρκεί κάθε φορά να χρησιμοποιούμε το κατάλληλο τμήμα του φάσματος της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας. (<http://dspace.lib.ntua.gr>)

2.12 Πλεονεκτήματα δορυφορικών δεδομένων

Η επιτυχία των δορυφορικών συστημάτων και των δορυφορικών δεδομένων οφείλεται στα ακόλουθα χαρακτηριστικά τους:

- A. Συνοπτική καταγραφή της Γης.
- B. Επαναλαμβανόμενη κάλυψη.
- Γ. Περιορισμοί απόκλισης.
- Δ. Διακριτική ικανότητα.
- E. Πολυφασματικά δεδομένα.
- ΣΤ. Ψηφιακή μορφή δεδομένων.
- Z. Στερεοσκοπική κάλυψη.
- H. Ελάχιστη παραμόρφωση.

A. Συνοπτική καταγραφή της Γης. Μία δορυφορική εικόνα καλύπτει γήινη έκταση π.χ. 185 x 185 km για τους LANDSAT. Για παράδειγμα, για την κάλυψη του ελλαδικού χώρου απαιτούνται 25 εικόνες LANDSAT TM, σε σύγκριση με μερικές χιλιάδες αεροφωτογραφίες που απαιτούνται για τον ίδιο σκοπό.

B. Επαναλαμβανόμενη κάλυψη. Οι δορυφόροι έχουν την ικανότητα να καταγράφουν την γήινη επιφάνεια σε τακτά χρονικά διαστήματα, π.χ 16 ημέρες για LANDSAT την ίδια πάντα ώρα (9.45)

Γ. Περιορισμοί απόκλισης. Τα δορυφορικά δεδομένα (χάρτες, ψηφιακές εικόνες) αποκτούνται χωρίς περιορισμούς και η παραγγελία και η αγορά τους δεν συναντά τα εμπόδια της ζήτησης των αεροφωτογραφιών

Δ. Διακριτική ικανότητα, χωρική ικανότητα (διακριτική ικανότητα κατά χώρο). Αυτός είναι σημαντικός παράγοντας γιατί επιδρά στην αξιοπιστία των αποτελεσμάτων, που παίρνονται από τη χρήση των δορυφορικών εικόνων. Στους δορυφόρους LANDSAT η διακριτική ικανότητα είναι 30 x 30 m (0.1 εκτάριο)

Ε. Πολυφασματικά δεδομένα. Οι εικόνες καταγράφονται σε διάφορα κανάλια (περιοχές) του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος. Π.χ Στους δορυφόρους LANDSAT 1, 2 & 3 τα κανάλια είναι 4. Στους LANDSAT 4 & 5 είναι 7. Οι γεωπόνοι - δασολόγοι - γεωλόγοι αναγνωρίζουν τα αντικείμενα της επιφάνειας της Γης βασιζόμενοι στον ιδιαίτερο τρόπο, με τον οποίο κάθε αντικείμενο απορροφά και ανακλά την ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία.

ΣΤ. Ψηφιακή μορφή δεδομένων. Οι δορυφορικές εικόνες διατίθενται κυρίως σε ψηφιακή μορφή, πράγμα που επιτρέπει την επεξεργασία τους από ηλεκτρονικό υπολογιστή.

Ζ. Στερεοσκοπική κάλυψη.

Η. Ελάχιστη παραμόρφωση. Τα δορυφορικά δεδομένα παρουσιάζουν πολύ μικρή παραμόρφωση ανάγλυφου σε σχέση με τις αεροφωτογραφίες.

Η ανίχνευση και αναγνώριση των διαφόρων αντικειμένων της επιφάνειας της γης, από τα τηλεπισκοπικά συστήματα, βασίζεται στον εκλεκτικό τρόπο που έχουν τα επιφανειακά αντικείμενα να απορροφούν και ν' ανακλούν την ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία στα διάφορα μήκη κύματος. Ενδεικτικά για τον Θεματικό Χαρτογράφο

(Thematic Mapper) του δορυφόρου LANDSAT:

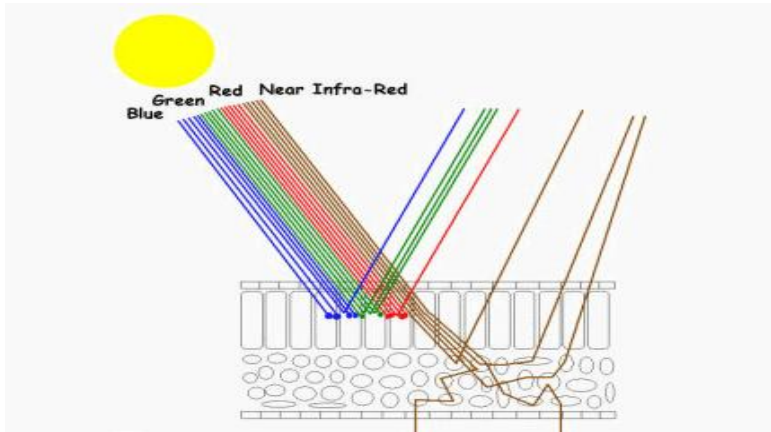
α. Μπλε 0.45-0.52 μm: Το κανάλι που αντιστοιχεί στη μπλε περιοχή του φάσματος βοηθά τον μελετητή να διαφοροποιήσει το γυμνό έδαφος από τη βλάστηση, τα κωνοφόρα από τα πλατύφυλλα, να εντοπίζει ιζήματα ή μόλυνση σε υδάτινο περιβάλλον και να καταγράψει βάρη μέχρι 30 m στις παράκτιες ζώνες.

- β. Πράσινο 0.52-0.60 μm: ισχυρή αντανάκλαση της βλάστησης.
 - γ. Κόκκινο 0.63-0.69 μm: πολύ ισχυρή απορρόφηση της βλάστησης.
 - δ. Εγγύς υπέρυθρο 0.76-0.90 μm: υψηλή αντίθεση γης/νερού, ισχυρή ανάκλαση βλάστησης.
 - ε. Εγγύς μέσο 1.55-1.75 μm: πολύ ευαίσθητο στην εδαφική υγρασία, διάκριση χιονιού από σύννεφα
 - ζ. Μέσο υπέρυθρο 2.08-2.35 μm: πολύ χρήσιμο σε γεωλογικές εφαρμογές (διαχωρισμός πετρωμάτων)
- Στ. Θερμικό υπέρυθρο 10.04-12.5 μm: πολύ ευαίσθητο στην εδαφική υγρασία και στο “stress” της βλάστησης.

2.13 Ηλεκτρομαγνητικό φάσμα και φασματικές υπογραφές

Τα φυτά έχουν ένα συγκεκριμένο τρόπο να ανακλούν την ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία. Το μοναδικό αυτό χαρακτηριστικό είναι γνωστό ως η φασματική υπογραφή της βλάστησης. Η ανάκλαση της βλάστησης είναι πολύ χαμηλή στις μπλε και κόκκινες περιοχές του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος, λίγο υψηλότερη στην πράσινη περιοχή και υψηλή στο κοντινό υπέρυθρο.

Η βλάστηση καλύπτει ένα μεγάλο μέρος της εδαφικής επιφάνειας της γης. Ο ρόλος της σχετικά με τη ρύθμιση της θερμοκρασίας του πλανήτη, την απορρόφηση του CO₂ και άλλες σημαντικές λειτουργίες, την κάνουν ένα πολύ σημαντικό και ενδιαφέρον είδος που καλύπτει την επιφάνεια της Γής. Η τηλεπισκόπηση μπορεί να εκμεταλλευτεί τον τρόπο με τον οποίο η βλάστηση ανακλά την ηλεκτρομαγνητική ενέργεια και να λάβει πληροφορίες σχετικά με τη βλάστηση.



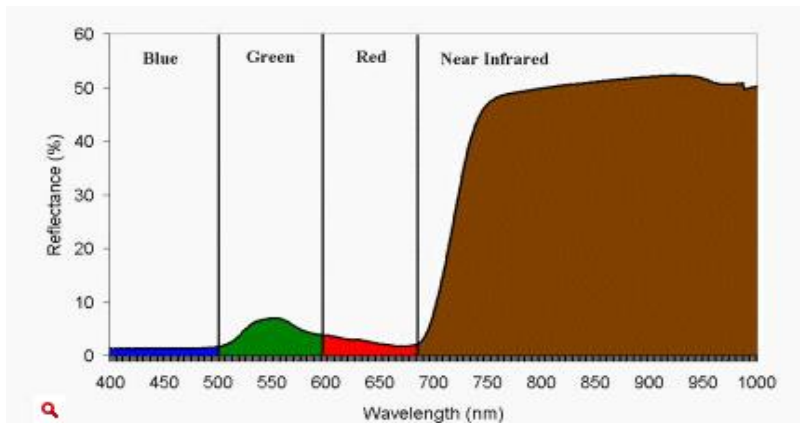
Εικόνα 9 Η κυτταρική δομή των φύλλων και η αλληλεπίδρασή τους με την ηλεκτρομαγνητική ενέργεια. Η μεγαλύτερη ποσότητα του ορατού φωτός απορροφάται, ενώ περίπου το μισό της ενέργειας στο κοντινό υπέρυθρο ανακλάται. Πηγή: SEOS, τηλεπισκόπηση και GIS στην γεωργία

Κάτω από την άνω επιδερμίδα (το λεπτό στρώμα των κυττάρων που αποτελεί την άνω επιφάνεια του φύλλου), υπάρχουν κυρίως δύο στρώσεις κυττάρων. Η πάνω στρώση είναι το δρυφακτοειδές παρέγχυμα και αποτελείται από επιμήκη κύτταρα, τοποθετημένα κατακόρυφα και παράλληλα σε ένα επίπεδο. Σε αυτό το στρώμα βρίσκεται και η μεγαλύτερη ποσότητα της χλωροφύλλης, μια πρωτεΐνη που είναι υπεύθυνη για τη συγκέντρωση της ηλιακής ενέργειας και την παροχή ενέργειας για τη διαδικασία της φωτοσύνθεσης. Το δεύτερο επίπεδο κυττάρων είναι το σπογγώδες παρέγχυμα, που αποτελείται από κύτταρα με ακανόνιστο σχήμα και με πολλά κενά μεταξύ τους, μέσα στα οποία γίνεται η κυκλοφορία των αερίων.

Εκτός από τη χλωροφύλλη, το δρυφακτοειδές παρέγχυμα περιέχει και άλλες χρωστικές ουσίες, όπως τα καροτενοειδή, τις ανθοκυανίνες και άλλα, τα οποία είναι επίσης υπεύθυνα για την απορρόφηση του φωτός. Λόγω αυτών των χρωστικών, η περισσότερη από την ορατή ηλεκτρομαγνητική ενέργεια απορροφάται, ειδικά στη μπλε και κόκκινη περιοχή του ορατού φάσματος. Η απορρόφηση στις πράσινες περιοχές είναι λίγο πιο χαμηλή, και αυτός είναι ο λόγος που η βλάστηση φαίνεται πράσινη με το ανθρώπινο μάτι. Έτσι, πολύ λίγη ενέργεια ξεφεύγει από το δρυφακτοειδές παρέγχυμα και αντανακλάται πίσω προς τον ουρανό. Αντιθέτως, στην κοντινή υπέρυθη περιοχή του φάσματος (NIR) η ενέργεια δεν επηρεάζεται από αυτές τις χρωστικές ουσίες

και σχεδόν πλήρως διαπερνά το δρυφακτοειδές παρέγχυμα. Όταν φτάνει στο σπογγώδες παρέγχυμα, η παρουσία των κενών προκαλεί τη διάθλαση της ενέργειας στο κοντινό υπέρυθρο σε διάφορες κατευθύνσεις. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα περίπου το μισό της ενέργειας να περνάει μέσα από το φύλλο και να διαφεύγει από την κάτω επιδερμίδα και προς το έδαφος, ενώ το άλλο μισό ανακλάται και εξέρχεται από την πάνω επιδερμίδα, προς τον ουρανό. (<http://www.seos-project.eu>)

Οι αισθητήρες που καταγράφουν το ηλεκτρομαγνητικό σήμα της βλάστησης δέχονται πολύ χαμηλό σήμα στην μπλε και κόκκινη περιοχή, κάπως εντονότερο σήμα στην πράσινη και πολύ ισχυρό στην κοντινή υπέρυθρη περιοχή του φάσματος. Εάν η ισχύς του σήματος για την κάθε περιοχή του φάσματος παρουσιαστεί σε ένα γράφημα, θα είναι κάπως έτσι:



Εικόνα 10 Φασματική υπογραφή βλάστησης. Η βλάστηση έχει χαμηλή ανάκλαση στην ορατή περιοχή του φάσματος και υψηλή ανάκλαση στο κοντινό υπέρυθρο. Πηγή: SEOS, τηλεπισκόπηση και GIS στην γεωργία

Ο συνδυασμός χαμηλής ορατής ανάκλασης και υψηλής ανάκλασης στο κοντινό υπέρυθρο είναι μοναδική για τα περισσότερα είδη βλάστησης και γι' αυτό είναι γνωστή ως φασματική υπογραφή βλάστησης.

Τα δορυφορικά συστήματα, μπορούν, ως γνωστόν, με τους υπερσύγχρονους αισθητήρες που διαθέτουν να ανιχνεύουν ταυτόχρονα την ορατή και αόρατη περιοχή του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος.

Τα επιφανειακά στοιχεία, φυσικά ή τεχνητά (φυσική βλάστηση, γυμνό έδαφος, λίμνες, χαράδρες, δέλτα ποταμών, αστικές περιοχές), της γης παρουσιάζουν διαφορετικά και διακριτά φασματικά πρότυπα. Για παράδειγμα η ανακλώμενη ηλιακή ακτινοβολία πάνω σ' ένα φυτό έχει ένα χαρακτηριστικό μήκος κύματος που αντιστοιχεί στο συγκεκριμένο φυτό και είναι διαφορετική από οποιαδήποτε άλλη ακτινοβολία ενός άλλου φυτού ή εδάφους ή νερού. Το φασματικό πρότυπο αυτού του συγκεκριμένου φυτού μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να αναγνωρίσει παρόμοια επιφανειακά στοιχεία.

Οι αισθητήρες υπέρυθρης ακτινοβολίας των δορυφορικών συστημάτων μπορούν να κάνουν τη διάκριση μεταξύ υγιούς και μη βλάστησης, πριν ακόμη γίνει εμφανής η διαφορά στην ορατή περιοχή του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος. (<http://www.seos-project.eu>)

2.14 Συστήματα τηλεπισκόπησης

2.14.1 Παθητικά και Ενεργητικά

Δυο είναι τα βασικά συστήματα τηλεπισκόπησης (Richards, 1986):

- Τα παθητικά συστήματα καταγραφής και ανίχνευσης (sensors), που υπάρχει άμεση σύνδεση με την εκπομπή ενέργειας από τα παρατηρούμενα σώματα (η εκπομπή μπορεί να οφείλεται στην ανάκλαση της ηλιακής ακτινοβολίας ή στην εκπομπή, λόγω θερμοκρασίας τους, στο θερμικό υπέρυθρο φάσμα (thermal infrared). Τα συστήματα αυτά χρησιμοποιούν το τμήμα του φάσματος, το οποίο εκτείνεται από την περιοχή των πολύ μικρών μηκών κύματος (μικρότερα των 0.4 μm) της υπεριώδους ακτινοβολίας έως την περιοχή του μήκους κύματος των 1000 μm. Ανάλογα δε, με την εφαρμογή επιλέγεται και η αντίστοιχη φασματική περιοχή.

- Τα ενεργητικά συστήματα βασίζονται στην ανάκλαση των ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων που εκπέμπονται από άλλη εξωτερική πηγή, π.χ. από τον ίδιο τον ανιχνευτή/radar, ανακλώνται στον στόχο (αντικείμενο ή περιοχή) της επιφάνειας της γης, επιστρέφουν και καταγράφονται στο σύστημα. Σε αυτούς τους ανιχνευτές, όπως τα radar που εκπέμπουν στην περιοχή των μικροκυμάτων,

το επιστρεφόμενο σήμα έχει υποστεί αλλοίωση που εξαρτάται, μεταξύ άλλων, από τις ιδιότητες της επιφάνειας. Έτσι επιτυγχάνεται η αναγνώριση και μελέτη σωμάτων και φαινομένων, όπως κατασκευές εδάφους, αέριες χημικές ενώσεις, ωκεάνια συστήματα κυκλοφορίας, πετρελαιοκηλίδες κλπ. Από τα μεγαλύτερα πλεονεκτήματα του radar είναι η επιχειρησιακή του δυνατότητα να χρησιμοποιείται ημέρα και νύχτα από όλες σχεδόν τις καιρικές συνθήκες.

Βασικά χαρακτηριστικά της δορυφορικής τηλεπισκόπησης είναι η διακριτική ικανότητα (χωρική, χρονική, ραδιομετρική και φασματική) ενώ ιδιαίτερη σημασία δίνεται στις διορθώσεις της καταγραφόμενης ακτινοβολίας (ατμοσφαιρική, γεωμετρική, ραδιομετρική, θόρυβος).

Η διακριτική ικανότητα ποικίλει ανάλογα με την εφαρμογή και το είδος του δορυφόρου, διακρίνεται δε σε (Barrett, 1982):

- **Χωρική διακριτική ικανότητα** (Spatial Resolution). Είναι η ικανότητα του ανιχνευτή να ξεχωρίζει πολύ κοντινά αντικείμενα ή πληροφορίες στην εικόνα, (ποσοτικά ισούται με την μικρότερη απόσταση που μπορούν να έχουν δυο αντικείμενα έτσι ώστε να εμφανίζονται ξεχωριστά).

- **Χρονική διακριτική ικανότητα** (Temporal Resolution) η οποία σχετίζεται με την συχνότητα λήψης εικόνων για την ίδια γεωγραφική περιοχή.

- **Ραδιομετρική διακριτική ικανότητα** (Radiometric Resolution) που ορίζεται ως η ευαισθησία του δέκτη να καταγράφει διαφορές στην ισχύ του σήματος.

- **Φασματική διακριτική ικανότητα** (Spectral Resolution) η οποία περικλείει το εύρος των περιοχών του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος στις οποίες πραγματοποιεί καταγραφές ένας πολυφασματικός ανιχνευτής, καθώς και τον αριθμό των καναλιών που χρησιμοποιούνται.

2.15 Χαρακτηριστικά δορυφορικών δεδομένων

Μια ψηφιακή εικόνα αποτελείται από μια σειρά αριθμών που αντιπροσωπεύουν την ποσότητα της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας που προέρχεται από μια μικρή περιοχή στην επιφάνεια του στόχου. Μια ενότητα από αυτές τις μικρές περιοχές συνενώνεται σε μορφή πλέγματος για να σχηματίσει μια εικόνα.

Μια εικόνα αναπαρίσταται και προβάλλεται σε ψηφιακή μορφή με το διαχωρισμό της σε μικρές περιοχές ιδίων διαστάσεων και σχήματος, οι οποίες ονομάζονται εικονοστοιχεία (picture elements- pixels) και οι οποίες αντιπροσωπεύουν τη φωτεινότητα κάθε περιοχής με μια αριθμητική τιμή ή ψηφιακό αριθμό (digital number – DN)

2.15.1 Φασματική Ευκρίνεια

Η φασματική ευκρίνεια ενός συστήματος περιγράφει τον αριθμό και το εύρος των διαύλων ηλεκτρομαγνητικού φάσματος που δειγματίζει ένα όργανο. Ο δορυφόρος Landsat Thematic Mapper (Landsat TM) έχει επτά διαφορετικά υλικά τα οποία ανταποκρίνονται με διαφορετικούς, και συχνά χαρακτηριστικούς, τρόπους στην ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία. Αυτό σημαίνει ότι μια συγκεκριμένη καμπύλη φασματικής απόκρισης, ή φασματική υπογραφή, μπορεί να προσδιοριστεί για κάθε τύπο υλικού. Βασικές κατηγορίες ύλης (όπως συγκεκριμένα ορυκτά) μπορούν να αναγνωριστούν στη βάση της φασματικής τους υπογραφής, και μόνον, αλλά μπορεί να απαιτηθούν φασματικά δεδομένα ευρείας περιοχής και με ικανή λεπτομέρεια ως προς τα διαστήματα δειγματοληψίας (περιοχές συχνοτήτων). Όμως κατηγορίες ύλης που συντίθενται από πολλά υλικά (όπως είναι το έδαφος που περιέχει διαφορετικά ορυκτά), μπορεί να είναι αναγνωρίσιμο από τα φασματικά δεδομένα και μόνον.

Στις περισσότερες δορυφορικές εικόνες, επιλέγονται οι διάυλοι έτσι ώστε να είναι δυνατή η διάκριση μεταξύ των διαφόρων τύπων κάλυψης. Στις λήψεις από αέρος η θέση, το εύρος και ο αριθμός των διαύλων του φάσματος των αισθητήρων μπορεί να ρυθμιστεί για συγκεκριμένο τύπο εδαφοκάλυψης ή περιοχή τιμών εδαφοκάλυψης ενδιαφέροντος. Η αύξηση της φασματικής ευκρίνειας σε δεδομένη περιοχή του φάσματος θα έχει ως αποτέλεσμα μεγαλύτερο αριθμό φασματικών διαύλων. Όμως αυτή η πρόσθετη ευκρίνεια συνεπάγεται κάποιο «κόστος» καθώς αυξάνεται ο όγκος των δεδομένων και το συνεπακόλουθο κόστος επεξεργασίας.

Επομένως, το θεωρητικά βέλτιστο εύρος και η ανάλυση του φάσματος για συγκεκριμένο τύπο εδαφοκάλυψης μπορεί να χρειαστεί τροποποίηση αναφορικά με την πρακτική θεώρηση της συλλογής και της επεξεργασίας δεδομένων.

2.15.2 Χωρική Ευκρίνεια

Η χωρική ευκρίνεια καθορίζει το επίπεδο της χωρικής λεπτομέρειας που αναπαρίσταται σε μια εικόνα. Αυτή μπορεί να προγράφει ως το μικρότερο αντικείμενο που διακρίνεται στο έδαφος ως

χωριστή οντότητα στην εικόνα, με το μικρότερο αντικείμενο να είναι αναγκαστικά με μεγαλύτερο από ένα εικονοστοιχείο. Με αυτή την λογική η χωρική ευκρίνεια σχετίζεται άμεσα με το μέγεθος του εικονοστοιχείου. Με φωτογραφικούς όρους, ένα εικονοστοιχείο μπορεί να συγκριθεί με τον κόκκο του φιλμ ενώ η χωρική ευκρίνεια σχετίζεται περισσότερο με τη φωτογραφική κλίμακα.

Σε πρακτικούς όρους, στη δυνατότητα εντοπισμού ενός αντικειμένου σε μια εικόνα υπεισέρχεται η έννοια της φασματικής αντίθεσης, καθώς και η χωρική ευκρίνεια. Το σχήμα ενός χαρακτηριστικού σχετίζεται επίσης με τη δυνατότητα οπτικής διάκρισης σε μια εικόνα. Αντικείμενα που έχουν μακρά και λεπτά χαρακτηριστικά, όπως είναι οι δρόμοι, διακρίνονται πιο εύκολα από μικρά και συμμετρικά αντικείμενα. Το μέγεθος του εικονοστοιχείου είναι συνήθως συνάρτηση του οχήματος και του αισθητήρα, ενώ η διακριτική ικανότητα μπορεί να αλλάζει από τόπο σε τόπο και από χρονική στιγμή σε χρονική στιγμή. Ο δορυφόρος Landsat Thematic Mapper έχει χωρική ανάλυση 30 μέτρων αυτό υποδηλώνει ότι το μικρότερο αντικείμενο που μπορεί να εντοπιστεί σε μια εικόνα Landsat θα πρέπει να έχει πλάτος τουλάχιστον 30 μέτρων.

Παρ όλα αυτά, μικρότερα χαρακτηριστικά μπορούν να εντοπιστούν αν έχουν ικανή αντίθεση με τον περιβάλλοντα χώρο ώστε να επηρεάσουν τη συγκριτική «φωτεινότητα» του εικονοστοιχείου. Έτσι, είναι δυνατόν να εντοπιστούν γραμμικά χαρακτηριστικά, όπως είναι οι σκοτεινοί ασφαλτοστρωμένοι δρόμοι μέσα σε περιοχές με φωτεινή άμμο, οι διαστάσεις των οποίων είναι μικρότερες από την ανάλυση του αισθητήρα.

2.15.3 Ραδιομετρική ανάλυση

Η ραδιομετρική ανάλυση σε δεδομένα τηλεπισκόπησης ορίζεται ως το ποσόν της ενέργειας που απαιτείται για να αυξηθεί η τιμή ενός εικονοστοιχείου κατά μία ποσοτική μονάδα ή «μέτρηση». Αναφέρεται στον αριθμό των επιπέδων του γκριζου που είναι διαθέσιμος για την ανάλυση. Η λήψη των περισσότερων εικόνων τηλεπισκόπησης γίνεται με 256 επίπεδα του γκρι (και η λήψη μερικών εικόνων γίνεται με 1024 επίπεδα), δηλαδή το ελάχιστο «ανιχνεύσιμο» επίπεδο ακτινοβολίας καταγράφεται ως 0 ενώ το «μέγιστο» επίπεδο ακτινοβολίας καταγράφεται ως 255. Η κλίμακα αυτή αναφέρεται επίσης ως ανάλυση 8 bit, καθώς όλες οι τιμές της κλίμακας μπορούν να παρασταθούν με 8 bit

(δυναμικά ψηφία) σε έναν υπολογιστή. Υψηλή ραδιομετρική ανάλυση παρέχει βελτιωμένη δυνατότητα διάκρισης μεταξύ χαρακτηριστικών ενδιαφέροντος.

Η ραδιομετρική ανάλυση στις ψηφιακές εικόνες είναι συγκρίσιμη με τον αριθμό των τόνων σε μια φωτογραφική εικόνα, που σχετίζεται με την αντίθεση της εικόνας. Η ανάλυση δίνεται συχνότερα με τον αριθμό των δυαδικών ψηφίων παρά με τον αριθμό ή το εύρος των διακριτών επιπέδων.

Στην επεξεργασία εικόνας, τα επίπεδα της ανάλυσης αναφέρονται συνήθως ως Ψηφιακοί Αριθμοί (Digital Numbers - DN).

2.15.4 Χρονική Ανάλυση ή Ρυθμός Επισκεψιμότητας ενός Σημείου

Η χρονική ανάλυση των δεδομένων τηλεπισκόπησης αναφέρεται στον κύκλο επανάληψης ή χρονικό διάστημα μεταξύ λήψεων διαδοχικών εικόνων του ίδιου σημείου πάνω στη γη. Ο κύκλος αυτός για τα διαστημικά οχήματα είναι σταθερός και ορίζεται από τα τροχιακά τους χαρακτηριστικά (π.χ. Landsat 16 μέρες, IKONOS 3 ημέρες) αλλά είναι αρκετά εύκολο να αλλάξει για αεροσκάφη. Η χρονική ανάλυση είναι ένας κρίσιμος παράγοντας σε εφαρμογές που συνεπάγονται τακτική παρακολούθηση. Οι δορυφόροι προσφέρουν επαναλαμβανόμενη κάλυψη με μειωμένο κόστος αλλά οι αναλλοίωτοι χρόνοι υπερπήσεως μπορεί συχνά να συμπίπτουν με νεφοκάλυψη ή κακές καιρικές συνθήκες. Αυτό μπορεί να δημιουργήσει σημαντικά προβλήματα όταν οι εργασίες στο πεδίο πρέπει να συμπίπτουν με τη λήψη των εικόνων. Οι αεροφωτογραφίες, αν και είναι πιο ακριβές από τις λήψεις δορυφορικών εικόνων, παρέχουν το πλεονέκτημα του καθορισμού του χρόνου της πτήσεως από το χρήστη, και ο χρόνος αυτός μπορεί να αλλάξει, αν απαιτηθεί, σύμφωνα με τις τοπικές καιρικές συνθήκες.

2.16 Δορυφορική τηλεπισκόπηση και συστήματα γεωγραφικών πληροφοριών

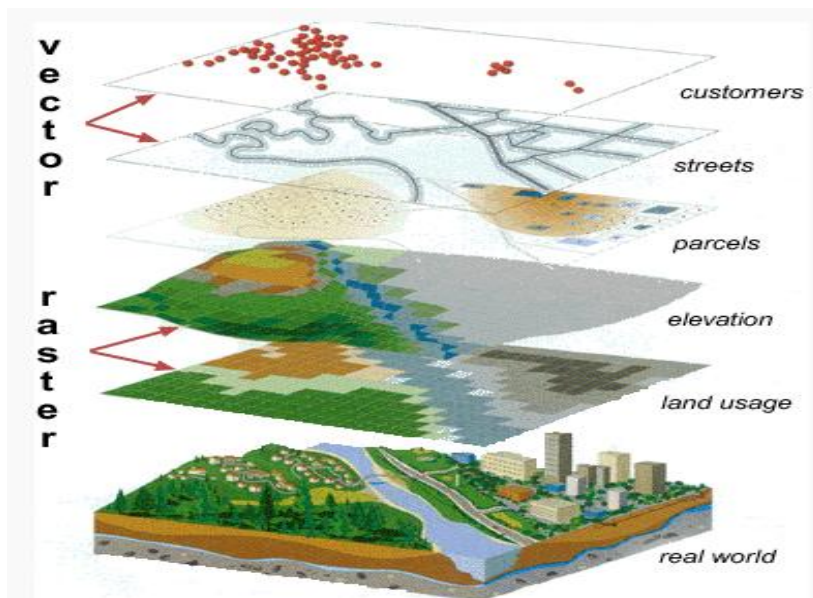
Τι είναι το GIS

Το GIS είναι ένα υπολογιστικό σύστημα το οποίο χρησιμοποιείται για την συλλογή,

αποθήκευση και ανάλυση δεδομένων και πληροφοριών με γεωγραφική διάσταση. Αυτό το σύστημα αποτελείται από hardware (υπολογιστών και περιφερειακών συσκευών, όπως σαρωτή και εκτυπωτή), το λογισμικό (software), τα δεδομένα που είναι αποθηκευμένα στον υπολογιστή και το προσωπικό ή τους χρήστες που θα χρησιμοποιήσουν το λογισμικό για την ανάλυση των δεδομένων.

Η γεωγραφική διάσταση των δεδομένων GIS σημαίνει ότι η κάθε οντότητα δεδομένων σχετίζεται με συντεταγμένες στον τρισδιάστατο χώρο και αναφέρονται σε μια τοποθεσία στην επιφάνεια της Γης. Ο χώρος τον οποίο αντιπροσωπεύουν τα δεδομένα μπορεί να είναι ένα σημείο, μια γραμμή ή μια περιοχή (πολύγωνο). Τα δεδομένα είναι οργανωμένα σε θεματικά επίπεδα. Για παράδειγμα, ένα επίπεδο "ποσότητας παραγωγής καλλιεργειών" θα μπορούσε να είναι το επίπεδο όπου κάποιες περιοχές (πολύγωνα) ορίζονται και αντιπροσωπεύουν τα χωράφια, και έχουν μια τιμή που σχετίζεται με το κάθε χωράφι και αντιπροσωπεύει την παραγωγή του χωραφιού σε μια ορισμένη χρονιά.

Τα δεδομένα σε ένα επίπεδο GIS μπορεί να παρουσιάζονται σε μία από τις δύο μορφές: διανυσματικά (vector) ή σε πλέγμα (raster). Τα διανυσματικά δεδομένα είναι τα πιο κοινά σε ένα GIS. Όπως αναφέρθηκε παραπάνω, τα χαρακτηριστικά του συστήματος διανυσμάτων μπορεί να είναι σημεία, γραμμές ή πολύγωνα. Κάθε ένα από τα χαρακτηριστικά αυτά μπορεί να συνδέεται με μία ή περισσότερες τιμές στο θεματικό επίπεδο. Τα διανυσματικά δεδομένα είναι χωρικά πολύ ακριβή. Από την άλλη πλευρά, τα δεδομένα σε πλέγμα έχουν μια ή περισσότερες τιμές συσχετισμένες με το κάθε τετράγωνο κελί του πλέγματος. Για να είναι συμβατά με τα διανυσματικά δεδομένα το κάθε ένα από τα κελιά αντιμετωπίζεται ως ένα διανυσματικό πολύγωνο. Τα δεδομένα σε πλέγμα συχνά προέρχονται από την εικόνα τηλεπισκόπησης, επειδή ο αισθητήρας καταγράφει τα δεδομένα σε pixels.



Εικόνα 11 Διαφορετικά επίπεδα πληροφοριών GIS σε στοίβα. Πηγή: National Coastal Data Development Centre (NCDDC), National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA), USA

Τα τελευταία χρόνια οι απαιτήσεις για πληροφορίες γης είναι πολύ μεγάλες ιδιαίτερα για πληροφορίες που έχουν σχέση με τη χρήση γης για τις αλλαγές της. Επομένως χρειάζεται συνεχή ενημέρωση των χαρτών γεγονός που κάνει τελείως ασύμφορη την χρησιμοποίηση των χαρτών που σχεδιάζονται από χαρτογράφους (Robinson, 2002) για την αποκωδικοποίηση των οποίων δημιουργήθηκαν νέα εργαλεία όπως η τηλεπισκόπηση (remote sensing) και η ανάλυση εικόνας (image analysis) (Κόλλια-Κουσουρή, 2003). Τα δεδομένα που λαμβάνονται από την τηλεπισκόπηση είναι χωρίς αμφιβολία πρωτεύουσα πηγή δεδομένων, θεωρούνται ολόενα και περισσότερο συμπληρωματικά σε άλλα χωρικά κατανεμημένα δεδομένα τα οποία μπορούν να συσχετισθούν για την ικανοποιητική εξαγωγή στοιχείων. Εξού και η επιστήμη της τηλεπισκόπησης είναι στενή συγγενής των ΣΓΠ και από μια άποψη θεωρείται ως κλάδος των ΣΓΠ.

Τα Γεωγραφικά Πληροφορικά Συστήματα όπως αναφέρθηκε είναι συστήματα βασισμένα στη χρήση υπολογιστών τα οποία χρησιμοποιούνται για την μεταχείριση γεωγραφικά εξαρτημένων πληροφοριών (Fabri, 1992). Ο Aronoff (1989) ορίζει ένα ΣΓΠ ως ένα εργαλείο για τη συλλογή,

αποθήκευση, και ανάλυση αντικειμένων και φαινομένων όπου γεωγραφική πληροφορία είναι ένα σημαντικό χαρακτηριστικό για την ανάλυση.

Τα δεδομένα μιας γεωμετρικά διορθωμένης εικόνας τα οποία αποκτήθηκαν μέσω ενός δορυφορικού φασματικού καναλιού μπορούν να θεωρηθούν ως ένα θεματικό επίπεδο από εικονοστοιχεία. Υπάρχει η δυνατότητα σε κάθε θεματικό επίπεδο από εικονοστοιχεία να αντιστοιχούμε 1 βασικό χρώμα (Red, Green, Blue) με αποτέλεσμα την δημιουργία “ψευδόχρωμων” ψηφιακών εικόνων με πάρα πολλές χρήσεις. Πολυφασματικά δεδομένα μπορούν επομένως να αποτελέσουν θεματικά επίπεδα ενός ΣΓΠ, τα οποία “υπερτίθενται” (overlaid) πάνω σε υπάρχοντα επίπεδα του ΣΓΠ, τα οποία δημιουργήθηκαν με επίγειες μετρήσεις ή από άλλους υπάρχοντες χάρτες ή προήλθαν από μετατροπή άλλων υφιστάμενων ψηφιακών αρχείων. Οι δορυφορικές εικόνες μιας συγκεκριμένης περιοχής που ελήφθησαν σε διαφορετικές χρονικές περιόδους από ένα δορυφόρο ή σε συνδυασμό με άλλους δορυφόρους μπορούν να προσαρμοστούν στην ίδια χαρτογραφική προβολή, σύστημα συντεταγμένων και μέγεθος εικονοστοιχείου, και επομένως μπορούν να δημιουργήσουν ένα καινούριο επίπεδο ΣΓΠ που “υπερτίθεται” σε άλλα υπάρχοντα.

Τα δεδομένα της τηλεπισκόπησης είναι μεν σε ψηφιακή μορφή αλλά πρέπει να συσχετισθούν με άλλα δεδομένα από διάφορες πηγές και σε συνδυασμό με τους τοπογραφικούς χάρτες της χώρας. Τα ΣΓΠ δεν αντιμετωπίζουν μόνο το πρόβλημα χειρισμού, αποθήκευσης και επεξεργασίας μεγάλου όγκου δεδομένων από διαφορετικές πηγές αλλά και τα προβλήματα της ανάκτησης των πληροφοριών από ένα μεγάλο εύρος χρηστών.

Είναι σημαντικό να αναφέρουμε ότι χαρτογραφικά επίπεδα σε ταξινομημένη ψηφιδωτή (raster) μορφή (γεωλογία, βλάστηση, κλπ) μπορούν να τοποθετηθούν και να επεξεργαστούν στο ίδιο σύστημα αρκεί οι αντίστοιχες γεωμετρίες και αναφορές στο χάρτη να είναι ίδιες με τις αντίστοιχες οι οποίες χρησιμοποιούνται εκείνη τη στιγμή στο σύστημα. Επίσης έχουμε τη δυνατότητα εισαγωγής στο σύστημα διανυσματικών δεδομένων (vector) όπως είναι προϊόντα ψηφιοποίησης τα οποία μετατρέπονται σε δεδομένα raster χρησιμοποιώντας κατάλληλες συναρτήσεις, μετατροπών και μπορούν να επεξεργαστούν και να αναλυθούν με τον ίδιο τρόπο που έχει περιγραφεί προηγουμένως.

Σε πολλές από τις αναπτυσσόμενες χώρες λείπουν βασικά τοπογραφικά δεδομένα και πολλές φορές οι υφιστάμενοι χάρτες περιέχουν περιορισμένη πληροφορία. Η ανάπτυξη της τηλεπισκόπησης μπορεί να βελτιώσει κάπως τη κατάσταση δημιουργώντας ένα χωρικό πλαίσιο αναφοράς στο οποίο μπορούν να ενταχθούν δεδομένα από άλλες πηγές. Επίσης οι λύσεις που θα υιοθετηθούν κατά την υλοποίησης του ΣΓΠ θα πρέπει να λάβουν υπόψη τους τις δυνατότητες που είναι διαθέσιμες όχι μόνο για την λειτουργία του ΣΓΠ αλλά και τη συντήρηση του (Κόλλια-Κουσουρή, 2003).

Σε πολλές περιπτώσεις χρησιμοποιούνται υφιστάμενοι χάρτες οι οποίοι ψηφιοποιούνται. Όταν όμως δεν υπάρχει κατάλληλος χάρτης ή όταν αυτοί που υπάρχουν χρειάζονται διόρθωση είναι απαραίτητο να συλλεχθούν νέα δεδομένα. Τα δεδομένα μπορεί να είναι υπό μορφή αναλογικών χαρτών ή δεδομένα ψηφιακά ανάλογα με τη μέθοδο συλλογής. Οι μελέτες εδάφους μπορεί να παράγουν ψηφιακά δεδομένα ή δεδομένα που χρειάζονται περαιτέρω ψηφιοποίηση. Οι μελέτες εδάφους είναι πιο κατάλληλες όταν εξετάζεται μικρή περιοχή ή όταν η ζητούμενη χωρική ευκρίνεια είναι τέτοια που δεν μπορεί να ληφθεί με άλλο διαθέσιμο τρόπο. Σε πολλές περιπτώσεις όμως η ζητούμενη πληροφορία μπορεί να ληφθεί πιο οικονομικά από τα δεδομένα τηλεπισκόπησης που μπορεί να ερμηνευθούν είτε με το μάτι είτε με μια μεγάλη ποικιλία τεχνικών αναγνώρισης εικόνας.

2.17 Δορυφόροι

Τα όργανα τηλεπισκόπησης μπορούν να τοποθετηθούν σε διάφορα οχήματα για την παρακολούθηση και την λήψη δεδομένων εικόνας από στόχους. Αν και μπορούν να χρησιμοποιηθούν επίγεια οχήματα και αεροσκάφη, οι δορυφόροι περιέχουν μεγάλο μέρος των εικόνων τηλεπισκόπησης που χρησιμοποιούνται συνήθως. Οι δορυφόροι έχουν αρκετά παράμυλλα χαρακτηριστικά που τους κάνουν εξαιρετικά χρήσιμους για την τηλεπισκόπηση της επιφάνειας της γης.

Η διαδρομή που ακολουθεί ένας δορυφόρος ονομάζεται τροχιά. Οι τροχιές των δορυφόρων εναρμονίζονται με τις δυνατότητες και τους αντικειμενικούς στόχους των αισθητήρων που μεταφέρουν. Η επιλογή της τροχιάς μπορεί να διαφέρει ως προς το υψόμετρο (η απόσταση τους από την επιφάνεια της γης) καθώς και τον προσανατολισμό και την περιστροφή τους ως προς τη γη.

Υπάρχουν 2 τύποι δορυφόρων :

- Γεωστατικοί
- Πολικής τροχιάς δορυφόροι

2.17.1 Γεωστατικοί δορυφόροι

Οι γεωστατικοί ή γεωσύγχρονοι δορυφόροι βλέπουν συνεχώς το ίδιο μέρος της επιφάνειας της γης καθώς κινούνται σε συγχρονισμό με τον πλανήτη. Οι δορυφόροι αυτοί σε υψόμετρο 36.000 χιλιομέτρων περίπου περιστρέφονται με ταχύτητα αντίστοιχη της ταχύτητας περιστροφής της γης, έτσι ώστε να φαίνονται ακίνητοι σε σύγκριση με την επιφάνεια της γης. Αυτό επιτρέπει στους δορυφόρους να παρατηρούν και να συγκεντρώνουν συνεχώς πληροφορίες πάνω από τις συγκεκριμένες περιοχές. Οι μετεωρολογικοί και τηλεπικοινωνιακοί δορυφόροι έχουν συνήθως αυτόν τον τύπο τροχιάς. Εξ αιτίας της μεγάλης τους απόστασης από την επιφάνεια της γης κάποιοι γεωστατικοί μετεωρολογικοί δορυφόροι μπορούν να παρακολουθούν τους μετασχηματισμούς των καιρικών φαινομένων και των νεφών ενός ολόκληρου ημισφαιρίου της γης.

2.17.2 Δορυφόροι πολικής τροχιάς

Πολλά οχήματα τηλεπισκόπησης έχουν σχεδιαστεί έτσι ώστε να ακολουθούν μία τροχιά (βασικά από τον βορρά ως προς τον νότο) η οποία σε συνδυασμό με την περιστροφή της γης (δύση προς ανατολή) τους επιτρέπει να καλύπτουν το μεγαλύτερο μέρος της επιφάνειας της γης εντός συγκεκριμένης χρονικής περιόδου. Αυτές είναι σχεδόν πολικές τροχιές και ονομάζονται έτσι λόγω της κλίσεως της τροχιάς προς τη νοητή γραμμή που διατρέχει την γη μεταξύ του βόρειου και του νότιου πόλου. Πολλές από αυτές τις δορυφορικές τροχιές είναι επίσης ηλιοσύγχρονες έτσι ώστε να καλύπτουν κάθε περιοχή της γης την ίδια τοπική ώρα της ημέρας, που ονομάζεται τοπική ώρα ήλιου.

Ο ακριβής αριθμός ημερών σε αυτόν τον επαναλαμβανόμενο κύκλο διαφέρει και εξαρτάται από το ακριβές υψόμετρο του δορυφόρου και την γωνία κλίσης της τροχιάς του. Για παράδειγμα ο δορυφόρος Landsat έχει κύκλο 16 ημερών. Το μειονέκτημα μιας τροχιάς με μικρότερη γωνία είναι ότι ο δορυφόρος δεν βλέπει την επιφάνεια της γης κοντά στο Βόρειο και τον Νότιο πόλο.

Το υψόμετρο του δορυφόρου επηρεάζει τη λεπτομέρεια που ανιχνεύεται. Σε μεγαλύτερες αποστάσεις από την γη, ο δορυφόρος επισκέπτεται την ίδια περιοχή πιο συχνά αλλά λαμβάνει πληροφορίες με μικρότερη λεπτομέρεια. Σε μικρότερες αποστάσεις ο δορυφόρος επισκέπτεται την ίδια περιοχή λιγότερο συχνά αλλά λαμβάνει πιο λεπτομερείς πληροφορίες. Οι δορυφόροι επηρεάζονται από την βαρύτητα της γης η οποία τους έλκει προς αυτήν. Τελικά ο δορυφόρος σύρεται μέσα στην ατμόσφαιρα της γης όπου και καταστρέφεται. Για να διασφαλιστεί ότι η ζωή ενός δορυφόρου είναι τουλάχιστον πέντε χρόνια το ύψος της τροχιάς του πρέπει να είναι τουλάχιστον 450 χλμ. Οι περισσότεροι μη επανδρωμένοι δορυφόροι τηλεπισκόπησης λειτουργούν στα 800 χλμ. Παρακάτω παρουσιάζεται ένας συνοπτικός κατάλογος με τα κύρια χαρακτηριστικά των δορυφόρων που χρησιμοποιήθηκαν στην παρούσα μελέτη.

	LANDSAT TM	IKONOS	QUICKBIRD
ΦΑΣΜΑΤΙΚΗ ΧΩΡΙΚΗ ΙΚΑΝΟΤΗΤΑ	450-520 nm (Blue- Green) 520-600 nm (Green) 630-690 nm (Red) 760-900 nm (Near IR) 1550-1750 nm (Mid- IR) 10400-12500 nm (Thermal IR) 2080-2350 nm (Mid IR)	526-929 nm 445-516 nm (Blue) 506-595 nm (Green) 632-698 nm (Red) 757-853 nm (Near IR)	405-1053nm (pan) 4 multispectral 430-545nm (Blue) 466-620nm (Green) 590-710nm (Red) 715-918nm (Near IR)
ΧΩΡΙΚΗ ΙΚΑΝΟΤΗΤΑ	30 m	82 cm (pan) 4 m multispectral	65 cm (pan) 2,62m multispectral

ΡΥΘΜΟΣ ΕΠΙΣΚΕΨΙΜΟΤΗΤΑΣ	16 days	3 days (approximately)	2,5days
ΡΑΔΙΟΜΕΤΡΙΚΗ ΔΙΑΚΡΙΤΙΚΗ ΙΚΑΝΟΤΗΤΑ	8 bits	11 bits	11 bits
ΟΠΤΙΚΟΙ	x	x	x
ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ	<ul style="list-style-type: none"> • την χαρτογράφηση παράκτιων περιοχών • την διάκριση διαφόρων ειδών φυτοκάλυψης • την χαρτογράφηση δασικών περιοχών • ανθρωπογενών κατασκευών • διάκριση διαφόρων ειδών βλάστησης • ανθρωπογενών κατασκευών • διάκριση διαφορετικών ειδών φυτών • στον προσδιορισμό ειδών βλάστησης • στον προσδιορισμό της βιομάζας • στην διάκριση υδάτινων επιφανειών 	<ul style="list-style-type: none"> • Multi-Source Geopositioning Services • ψηφιακά μοντέλα εδάφους • Feature Database Services • ταξινόμηση εικόνας • Sensor Performance Lab • Προσαρμοσμένα προϊόντα 	<ul style="list-style-type: none"> • Τηλεπικοινωνίες • Χρήση γης και σχεδιασμός • σχεδιασμός των υποδομών • Περιβαλλοντική εκτίμηση • Marine μελέτες • Χαρτογράφηση / Τοπογραφία • Πολιτικών Μηχανικών • Βοηθητικό πρόγραμμα χαρτογράφησης

	<ul style="list-style-type: none"> • στην χαρτογράφηση της περιεχόμενης υγρασίας στο έδαφος • στον προσδιορισμό της υγρασίας των φυτών • στον προσδιορισμό της υγρασίας του εδάφους • στην διάκριση νεφών από επιφάνειες με χιόνια • σε εφαρμογές θερμικής χαρτογράφησης • στην διάκριση διαφορών στην περιεχόμενη υγρασία του εδάφους • στον εντοπισμό ασθeneιών της βλάστησης • στην διάκριση ορυκτών και πετρωμάτων • στον προσδιορισμό της περιεχόμενης υγρασίας της βλάστησης 		<p>σης διαδρόμου</p> <ul style="list-style-type: none"> • Φυσικών Πόρων • Ορυχεία και Εξερρύνηση • Πετρέλαιο και φυσικό αέριο • Τουρισμός • Γεωργία
ΔΥΝΑΤΟΤΗΤΑ ΣΤΕΡΕΟΚΑΛΥΨΗΣ	ΟΧΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ

Πίνακας 2 Συνοπτικός πίνακας χαρακτηριστικών των δορυφόρων LANDSAT, IKONOS, QUICKBIRD που έλαβαν χώρα στην μελέτη



Εικόνα 12 QuickBird – Μοζαμβίκη, Αφρική. Πηγή: Satellite imaging corporation

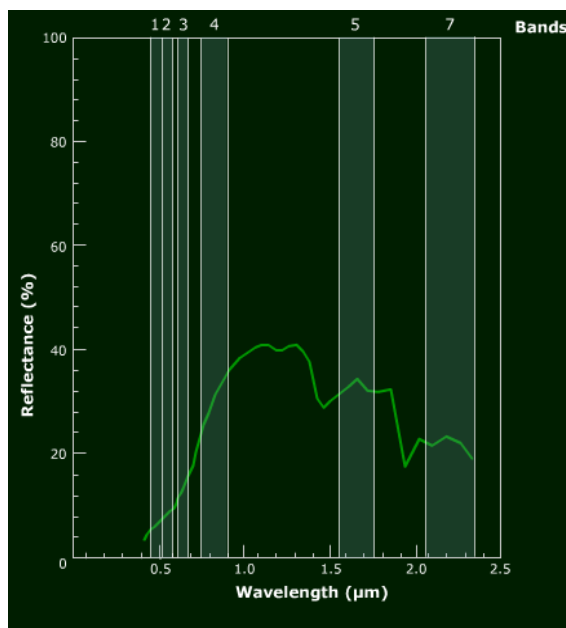


Εικόνα 13 IKONOS – Ισμαηλία, Αίγυπτος. Πηγή: Satellite imaging corporation

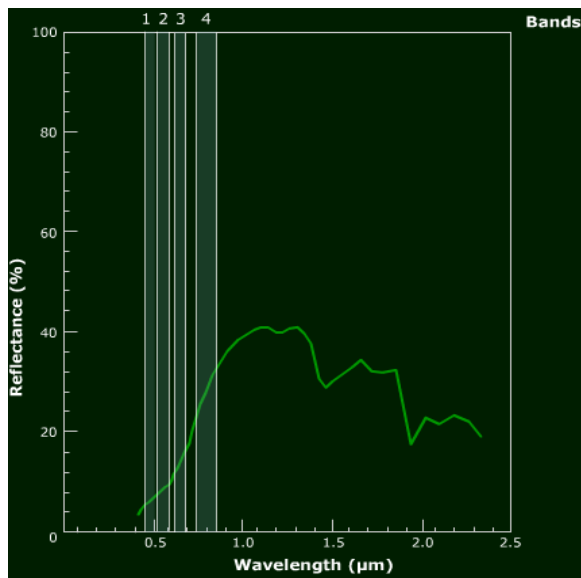


Εικόνα 14 Landsat TM-5 άποψη αεροδρομίου της Πάφου και το φράγμα του Ασπρόκρεμμου. Πηγή: Satellite imaging corporation

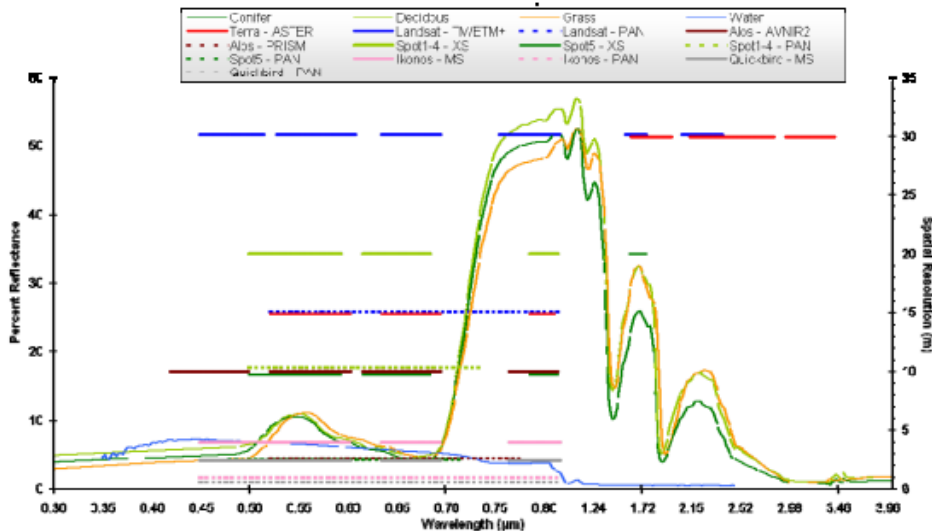
Παρακάτω παρουσιάζονται τα διαγράμματα φασματικής υπογραφής της βλάστησης στα οποία διαφαίνεται το τμήμα που αντιπροσωπεύουν τα κανάλια των δορυφόρων που χρησιμοποιήθηκαν στην παρούσα μελέτη.



Εικόνα 15 Διάγραμμα φασματικής υπογραφής Landsat. Πηγή: biodiversityinformatics.amnh.org



Εικόνα 16 Διάγραμμα φασματικής υπογραφής Ikonos Πηγή: biodiversityinformatics.amnh.org



Εικόνα 17 Καμπύλες ανακλαστικότητας για διαφορετικά είδη βλάστησης με την τοποθέτηση φασματικών ζωνών για γνωστούς δορυφόρους. Πηγή: Remote sensing of freshwater habitats for large rivers and lakes of the Waikato region using sub-pixel classification. The university of Waikato

2.18 Η διαδικαστική κατάσταση των δορυφορικών εικόνων στην Ελληνική νομοθεσία

Α) Η εξέταση των δορυφορικών εικόνων ως έγγραφο. Η απόφαση του Ανώτατου Δικαστηρίου της Castilla la Mancha της 11^{ης} Μαΐου του 1998

Σε αυτή την ενότητα αναφέρεται το διαδικαστικό καθεστώς των δορυφορικών εικόνων. Είναι απαραίτητο να δοθεί μια ακριβής διαδικαστική πορεία που προβλέπεται για ένα διαφορετικό μέσο απόδειξης όπως αυτό των δορυφορικών εικόνων. Έτσι, το ερώτημα είναι να καθοριστεί ποιο συγκεκριμένο μονοπάτι, ανάμεσα στα στοιχεία που προβλέπονται για τα “παραδοσιακά μέσα της απόδειξης”, θα πρέπει να ακολουθήσουν οι δορυφορικές εικόνες, προκειμένου να εισαχθούν σε

διαδικασία Δικαστηρίου. Το ερώτημα θα μπορούσε να έχει, τουλάχιστον, τρεις διαφορετικές προσεγγίσεις:

- στοιχεία από το έγγραφο.
- στοιχεία από την μαρτυρία εμπειρογνώμονα.
- αναγνώριση από τον δικαστή.

Από την απόφαση του δικαστηρίου έχει γίνει κατανοητό ότι τα αποδεικτικά στοιχεία των δορυφορικών εικόνων αποτελούν στοιχεία εγγράφου. Στα δικαστήρια αναφέρονται σαν «σύγχρονα αποδεικτικά μέσα» και σε αρκετές περιπτώσεις σχετίζονται με τα αποδεικτικά στοιχεία από φωτογραφία, ενώ τις περισσότερες φορές, θεωρούνται (όταν αυτά γίνουν αποδεκτά) ως έγγραφο. Στην πραγματικότητα, μόνο γραπτά έγγραφα μπορούν να λαμβάνονται δεόντως υπόψη. Κάτι παρόμοιο μπορεί να ειπωθεί για την ηλεκτρονική παρακολούθηση, και την καταγραφή των τηλεφωνικών συνδιαλέξεων. Έχει διαπιστωθεί ότι η παραγωγή (recorded tape) θα μπορούσε να θεωρηθεί ως ένα έγγραφο.

Παρόλα αυτά, η απόφαση του Δικαστηρίου δεν λύνει ή, τουλάχιστον, δεν ασχολείται με προβλήματα που θα μπορούσαν να προκύψουν κατά την εξέταση των δορυφορικών εικόνων ως αποδεικτικά στοιχεία σε μελλοντικές διαδικασίες του Δικαστηρίου. Στην πραγματικότητα, η απόφαση του Δικαστηρίου αναφέρεται απλά στις δορυφορικές εικόνες (εικόνες ψευδών χρωμάτων) και τις αποδέχεται ως αποδεικτικό στοιχείο χωρίς καμία περαιτέρω εξέταση σχετικά με τους πιθανούς περιορισμούς (π.χ. διαδρομή ελέγχου, τη δυνατότητα απαίτησης βοήθειας εμπειρογνώμονα) που θα μπορούσε να υποστηριχθεί και να εφαρμοστεί σε μελλοντικές διαδικασίες.

B) δορυφορικές εικόνες ως αποδεικτικά στοιχεία: Πώς να τις χρησιμοποιήσουμε σε διαφορετικές νομικές διαδικασίες και ποια τα διαδικαστικά εμπόδια.

1) Στο πλαίσιο της ποινικής δικονομίας.

Σύμφωνα με την απόφαση του Ανωτάτου Δικαστηρίου οι δορυφορικές εικόνες καθώς και παρόμοια μέσα απόδειξης (βίντεο, φωτογραφίες, κλπ.) θα πρέπει να θεωρούνται έγγραφα.

Είναι απαραίτητο να προσδιοριστεί:

- Πώς και πότε θα πρέπει να εισαχθούν οι δορυφορικές εικόνες ως μέσο απόδειξης σε ποινικές διαδικασίες.
- Η αποτελεσματικότητα των δορυφορικών εικόνων ως μέσο απόδειξης

1. Πώς και πότε θα πρέπει να εισαχθεί ως δορυφορικές εικόνες μέσο απόδειξης σε ποινικές διαδικασίες

Όσον αφορά αυτό το ζήτημα, και υποθέτοντας τη νομιμότητα του προκύπτοντος αποδεικτικού στοιχείου (υπό την έννοια ότι δεν παραβιάζει το δικαίωμα σεβασμού της ιδιωτικής ζωής) στο σύνολο των ποινικών διαδικασιών συνεπάγεται μια σειρά από διαδικαστικές εγγυήσεις. Αυτές οι εγγυήσεις (από αυτά που προβλέπονται για παρόμοια στοιχεία όπως αρχεία βίντεο) καθορίζουν την αποτελεσματικότητα των εξ αποστάσεων στοιχείων τηλεπισκόπησης στο πλαίσιο ποινικών διαδικασιών. Αυτές μπορεί να περιγραφούν ως εξής:

Οι δορυφορικές εικόνες θα πρέπει να ενσωματωθούν στις διαδικασίες κατά τη διάρκεια της έρευνας. Το δικαίωμα στην άμυνα (που συμμετέχει ως απαραίτητο στοιχείο της “ορθής διαδικασίας του νόμου”) απαιτείται προκειμένου να αποφευχθεί η ενσωμάτωση απρόβλεπτων αποδεικτικών στοιχείων κατά την προκαταρκτική φάση (που θα μπορούσε να παραβιάσει την ισότιμη θέση των διάδικων στο εσωτερικό των διαδικασιών). Η ενσωμάτωση αυτή πρέπει να διενεργείται υπό την εποπτεία του δικαστή, προκειμένου να βεβαιωθεί για την ακεραιότητα των αποδεικτικών στοιχείων.

2. Η αποτελεσματικότητα των δορυφορικών εικόνων ως μέσο απόδειξης.

Δορυφορικές εικόνες (πραγματικών και εικόνες ψευδών χρωμάτων) μπορούν να αξιοποιηθούν σε ποινικές διαδικασίες.

Λαμβάνονται υπόψη τα πρότυπα των αποδεικτικών στοιχείων που απαιτούνται στο πλαίσιο ποινικών διαδικασιών, (σε αυτό το σημείο πρέπει να ελέγξουμε τις δορυφορικές εικόνες για το αν τα στοιχεία τους αρκούν για το «τεκμήριο αθωότητας»), καθώς και τους περιορισμούς που θα λάβουν χώρα κατά την διάρκεια παραγωγής του υλικού.

Με αυτή την έννοια, σύμφωνα με τις πρακτικές των δικαστηρίων που αφορούν αποδεικτικά στοιχεία από αρχεία βίντεο, τα σχετικά σημεία τα οποία θα πρέπει να ληφθούν υπόψη είναι ο

έλεγχος της γνησιότητας τους (εφόσον είναι κατάλληλα για την αναπαραγωγή της πραγματικής ζωής χωρίς καμία υποψία χειραγώγησης):

Η απόφαση του Ανωτάτου Δικαστηρίου της 30ης Νοεμβρίου 1992, αναγγέλλει την αποτελεσματικότητα των αρχείων βίντεο ως αξιόπιστο μέσο. Αυτό σημαίνει ότι η διαδρομή του ελέγχου θα λάβει χώρα. Έτσι χρησιμοποιώντας μια μαρτυρία εμπειρογνώμονα μπροστά στο Δικαστήριο, προκειμένου να εξηγήσει πώς η εικόνα λήφθηκε καθώς και να την ερμηνεύσει, αυτή δεν μπορεί να αποκλεισθεί. Το έγγραφο (εικόνα), θα είναι ανοικτό ως επιχείρημα και από τις δύο πλευρές ως προς τα συνολικά στοιχεία και η ισχύς του θα είναι ανοικτή στην ελεύθερη αξιολόγηση από το Ελεγκτικό Συνέδριο.

Από την άλλη πλευρά, όσον αφορά το ερώτημα αν οι δορυφορικές εικόνες δεν ταιριάζουν με το τεκμήριο της αθωότητας, μπορούμε να πούμε:

Η απλή, μόνο, παρουσίαση των δορυφορικών εικόνων δεν μπορούν να θεωρηθεί ως τεκμηριωμένο αποδεικτικό στοιχείο. Αυτό δεν σημαίνει ότι οι δορυφορικές εικόνες δεν θα μπορούσαν να διαδραματίσουν ενεργό ρόλο στο πλαίσιο ποινικών διαδικασιών. Τουλάχιστον, οι πραγματικές και οι εικόνες ψευδών χρωμάτων θα μπορούσαν να παίξουν πολύ σημαντικό ρόλο σε αυτό το είδος των διαδικασιών, με παρόμοιο τρόπο όπως τα αρχεία βίντεο που έχουν αξιολογηθεί σε διάφορες αποφάσεις του Δικαστηρίου, δηλώνοντας τα σημαντικά σημεία ως επιχειρήματα. Η παρουσίαση θεματικών χαρτών θα έχει μικρότερη αξία σε ποινικές διαδικασίες.

2) Στο πλαίσιο της διοικητικής και δικαστικής επανεξέτασης των διοικητικών αποφάσεων και των κανονισμών των διαδικασιών

2.α) Στο πλαίσιο των διοικητικών διαδικασιών, λειτουργίες σχεδιασμού μπορούν να διακριθούν από τις λειτουργίες εφαρμογής.

Κατ'αρχήν, η ανυπαρξία περιορισμών για τη χρήση κάθε είδους προϊόντων που ανιχνεύονται εξ αποστάσεως και που προέρχονται από τους διαδικαστικούς κανόνες μπορούν να βρεθούν στο πλαίσιο των διοικητικών λειτουργιών σχεδιασμού. Στην πραγματικότητα, ο όρος "απόδειξη" δεν αποκτά καμία βαρύτητα όταν μιλάμε για λειτουργίες σχεδιασμού. Ο μόνος περιορισμός στη χρήση δορυφορικών εικόνων σε αυτό το πλαίσιο θα μπορούσε να προέλθει από το δικαίωμα της ιδιωτικής ζωής και των δεδομένων του νόμου προστασίας. Έτσι, πραγματικές και εικόνες ψευδών χρωμάτων,

καθώς και θεματικοί χάρτες θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν για αυτούς τους σκοπούς. Στο πλαίσιο των καθηκόντων επιβολής της νομοθεσίας, οι εικόνες ψευδών χρωμάτων έχουν χρησιμοποιηθεί επιτυχώς για τον σκοπό της διαχείρισης των υδάτινων πόρων. Έχει θεωρηθεί ότι ταιριάζουν στις απαιτήσεις του προτύπου της απόδειξης που αναφέρεται για τις διαδικασίες. Αυτές οι δορυφορικές εικόνες περιλαμβάνονται στο «διοικητικό φάκελο» ως αποδεικτικά στοιχεία στην ειδική διοικητική διαδικασία. Ο μόνος περιορισμός που μπορεί να παρουσιαστεί είναι η δυνατότητα που έχει η αντίδικη πλευρά να κρίνει αν τα δικαιώματα της θίγονται.

Σε αυτό το πλαίσιο, υπάρχουν πραγματικές και εικόνες ψευδών χρωμάτων οποίες έχουν χρησιμοποιηθεί επιτυχώς. Όσον αφορά τους θεματικούς χάρτες, είναι δυνατόν να χρησιμοποιηθούν από τη Διοίκηση, καθώς και στο πλαίσιο αυτό. Ο λόγος του ενδεχόμενου αποκλεισμού είναι το πρότυπο της απόδειξης που απαιτείται σε τέτοιου είδους διαδικασίες. Το Συνταγματικό Δικαστήριο έχει δηλώσει ότι οι γενικές αρχές που διέπουν το ποινικό δίκαιο είναι εφαρμοστέες για την άσκηση της διοικητικής τιμωρίας (ωστόσο, πρέπει να επισημανθεί ότι το πρότυπο αυτό δεν εφαρμόζεται το ίδιο και στο πλαίσιο των ποινικών διαδικασιών).

2.β) Στο πλαίσιο του δικαστικού ελέγχου οι διοικητικές πράξεις και οι κανονισμοί τους

Δορυφορικές εικόνες έχουν εισαχθεί ως αποδεικτικά στοιχεία ως μέρος του διοικητικού φακέλου της προηγούμενης διοικητικής διαδικασίας. Το πρώτο ερώτημα που τίθεται είναι να καθοριστεί εάν η "απόδειξη της διοικητικής διαδικασίας" μπορούν να ληφθεί υπόψη ως αποδεικτικό στοιχείο στο πλαίσιο των δικαστικών διαδικασιών επανεξέτασης. Δεν υπάρχει γενική λύση σε αυτά τα ερωτήματα. Η κοινή πρακτική των διαφόρων κρατικών Δικαστηρίων δηλώνει ότι το διοικητικό αρχείο περιέχει ένα μεγάλο αριθμό δραστηριοτήτων επαλήθευσης και ότι το Δικαστήριο θα πρέπει να το λάβει υπόψη (μαζί με τα υπόλοιπα των αποδεικτικών στοιχείων) κατά την αξιολόγηση των αποδεικτικών στοιχείων σε παγκόσμιο επίπεδο. Με αυτή την έννοια, εικόνες ψευδών χρωμάτων (και πραγματικές εικόνες) έχουν χρησιμοποιηθεί επιτυχώς μπροστά στα δικαστήρια. Όπως έχουμε πει, θεωρούνται ως έγγραφα (μη δημόσια έγγραφα, ακόμη και αν εμφανίστηκαν στα δικαστήρια από τη Διοίκηση). Τα στοιχεία, που θεσπίστηκαν από το «διοικητικό φάκελο» μπορεί να αμφισβητηθούν από τους διαδίκους. Παρόλα αυτά, το Δικαστήριο εγκρίνει τις εικόνες ως κατάλληλες για να ικανοποιήσει το πρότυπο των αποδεικτικών στοιχείων που

απαιτούνται. Όπως προαναφέρθηκε, για τις ποινικές διαδικασίες το κύριο πρόβλημα όσον αφορά την αποτελεσματικότητα των δορυφορικών εικόνων είναι ο έλεγχος της γνησιότητας τους (αν είναι κατάλληλες για την αναπαραγωγή της πραγματικής ζωής χωρίς καμία λογική ύποπτη χειραγώγησης). Με αυτή την έννοια, η διαδρομή ελέγχου θα διαδραματίσει σημαντικό ρόλο σε αυτό το σημείο. Η μόνη επιπλέον απαίτηση που έχει ήδη σημειωθεί είναι ότι συνίσταται, φέρνοντας ένα τεχνικό έγγραφο στο Δικαστήριο, να διευκρινίζεται ο τρόπος απόκτησης της δορυφορικής εικόνας, από πού τα στοιχεία προέρχονται και την έννοια και ανάλυση των ψευδών χρωμάτων. Σε κάθε περίπτωση, το ενδεχόμενο να απαιτείται ειδική κατάθεση δεν μπορεί να αποκλεισθεί εντελώς. Εάν οι θεματικοί χάρτες έχουν χρησιμοποιηθεί από τη Διοίκηση στο πλαίσιο της ειδικής διοικητικής διαδικασίας για τη συγκεκριμένη διοικητική απόφαση που προσβλήθηκε στη δικαστική διαδικασία αναθεώρησης, θα πρέπει να εισαχθεί στη δικαστική διαδικασία εξέτασης ως μέρος του διοικητικού φακέλου και θα πρέπει να ληφθεί υπόψη κατά την απόφαση του Δικαστηρίου. Παρόλο αυτά εξακολουθεί να είναι αβέβαιο ότι το Δικαστήριο θα μπορούσε να βασίσει την απόφασή του αποκλειστικά σε θεματικούς χάρτες. Τουλάχιστον, χωρίς καμία τυποποίηση.

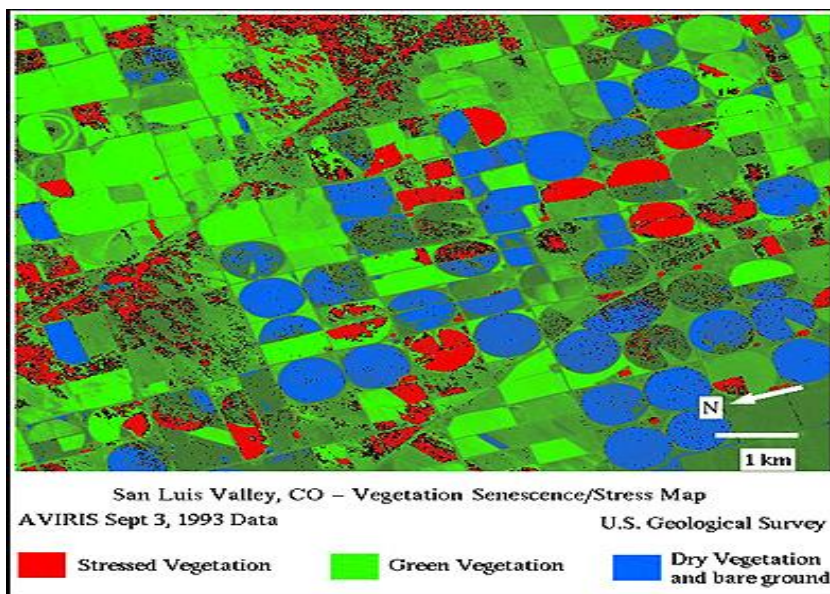
2.γ) Στο πλαίσιο της πολιτικής δικονομίας, κάθε διάδικος θα μπορούσε να φέρει τις εικόνες δορυφόρου στο Δικαστήριο ως αποδεικτικά στοιχεία ως έγγραφο (λαμβάνοντας υπόψη την αναφερόμενη δυνατότητα χρήσης αυτών των αποδεικτικών μέσων). Οι περιορισμοί στη χρήση αυτών των εικόνων στο πλαίσιο των διαδικασιών προέρχεται από τον παράνομο χαρακτήρα των αποδεικτικών στοιχείων που έχουν αποκτηθεί (αν υπάρχει). Οι ίδιες σκέψεις που σχετίζονται με τη διαδρομή ελέγχου και τη βοήθεια από ειδικούς, εφαρμόζονται στη συγκεκριμένη διαδικασία, προκειμένου να πείσει τον δικαστή. (Α. Γκανάς, 1999)

2.19 Παρακολούθηση καλλιιεργειών

2.19.1 Ο εντοπισμός καταπονημένων φυτών

Η χλωροφύλλη είναι ένα απαραίτητο κομμάτι της διαδικασίας της φωτοσύνθεσης. Απορροφά την ηλιακή ενέργεια ώστε να παρέχει ενέργεια για τη διαδικασία της φωτοσύνθεσης. Λόγω της απορρόφησης της ενέργειας, επηρεάζει σημαντικά την ποσότητα της ενέργειας που ανακλάται.

Μέσω της τηλεπισκόπησης μπορούμε να εκτιμήσουμε το ποσό χλωροφύλλης που υπάρχει σε ένα φυτό. Συνδυάζοντας περισσότερα από ένα κανάλια (τμήματα του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος στα οποία γίνεται καταγραφή της έντασης της ακτινοβολίας) των καταγεγραμμένων στοιχείων τηλεπισκόπησης, μπορούμε να δημιουργήσουμε δείκτες βλάστησης τους οποίους θα χρησιμοποιήσουμε για την εκτίμηση της κατάστασης των καλλιεργειών.



Εικόνα 18 Προσδιορισμός βλάστησης υπό συνθήκες καταπόνησης που έχουν ληφθεί από δεδομένα AVIRIS

Πηγή: U.S. Geological Survey

Η ανάκλαση στο ορατό και κοντινό υπέρυθρο φάσμα είναι υπεύθυνη για την εκτίμηση της ποσότητας της χλωροφύλλης στα φυτά μέσω των δεικτών βλάστησης που παράγονται. Με αυτή την πληροφορία μπορούμε να εκτιμήσουμε αν και κατά πόσο τα φυτά καταπονούνται. Στην ταξινομημένη εικόνα επάνω, τα χωράφια που εμφανίζονται με μπλέ χρώμα, δεν έχουν βλάστηση (μόνο έδαφος), ενώ αυτά με πράσινο χρώμα είναι καλυμένα με βλάστηση. Τα τμήματα των αγρών που εμφανίζονται με κόκκινο χρώμα, είναι καταπονημένα φυτά.

Πριν την κατάρρευση της χλωροφύλλης στα καταπονημένα φυτά, ο παράγοντας που την προκαλεί έχει ήδη αρχίσει να επηρεάζει την κυτταρική δομή των φύλλων. Αυτό επηρεάζει την ανάκλαση στο κοντινό υπέρυθρο, ακόμα πριν το χρονικό σημείο όπου η απώλεια της χλωροφύλλης αλλάζει την ανάκλαση στο ορατό φάσμα. Μέσω της τηλεπισκόπησης μπορούμε να δούμε τις αλλαγές στο κοντινό υπέρυθρο (οι οποίες δεν είναι ορατές με το ανθρώπινο μάτι), πριν εμφανιστούν τα ορατά συμπτώματα χλόρωσης, και με αυτό τον τρόπο μπορούμε να έχουμε έγκαιρη προειδοποίηση για τα φυτά.



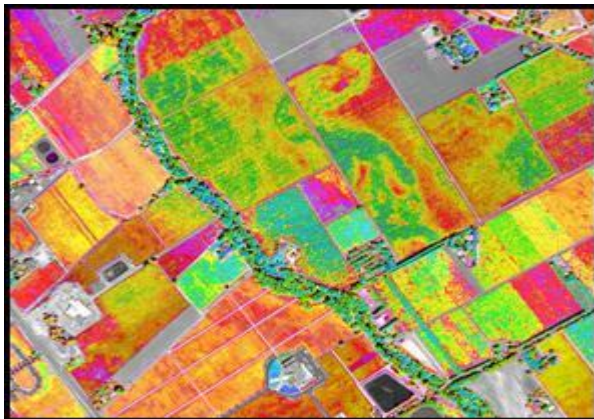
Εικόνα 19 Αγροτεμάχια όπως φαίνονται από τον δορυφόρο IKONOS (εικόνες πραγματικών και ψευδών χρωμάτων). Πηγή: Belgian Science Policy Office and Satellite Imaging Corp

Με την χρήση δεικτών βλάστησης με δεδομένα που παράγονται από αισθητήρες υψηλής χωρικής ανάλυσης (κάτω των 10 μέτρων ή ακόμα μέχρι και ένα μέτρο), μπορούμε σε τμήματα μικρών διαστάσεων των χωραφιών όπου οι καλλιέργειες υπόκεινται σε κάποια μορφή καταπόνησης από έναν παράγοντα, να εκτιμήσουμε το πόσο σοβαρή είναι. Το να έχουμε την ικανότητα να εντοπίζουμε διακυμάνσεις της καταπόνησης μέσα σε ένα χωράφι επιτρέπει στο γεωργό να εντοπίσει το πρόβλημα και να λάβει εγκαίρως κατάλληλα μέτρα για την αντιμετώπιση των προβλημάτων στα συγκεκριμένα σημεία.

Εκτός από την υψηλή χωρική ανάλυση, οι αισθητήρες με υψηλή φασματική ανάλυση (δηλαδή, αυτοί που χρησιμοποιούν πολλές στενές ζώνες του φάσματος για να καλύψουν μία ευρεία περιοχή του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος) χρησιμοποιούνται και για άλλους λόγους. Η συλλογή τέτοιου

είδους δεδομένων στην υπέρυθρη περιοχή μπορεί να μας δώσει σημαντικές πληροφορίες σχετικά με τη συγκέντρωση συγκεκριμένων βιοχημικών ουσιών, όπως η κυτταρίνη, το άζωτο, το νερό και τα σάκχαρα.

Η παρακάτω εικόνα είναι αποτέλεσμα ταξινόμησης της δορυφορικής εικόνας από τον δορυφόρο QuickBird, με τη χρήση δεικτών βλάστησης. Ανάλογα με το χρώμα του κάθε τμήματος μπορούμε να αντλήσουμε διάφορες πληροφορίες. Για παράδειγμα το πράσινο χρώμα αντιπροσωπεύει τα φυτά με καλή υγεία. Με την αλλαγή του χρώματος από πράσινο σε κίτρινο και στη συνέχεια στο κόκκινο, η κατάσταση υγείας του φυτού χειροτερεύει. Οι γκριζες περιοχές αντιπροσωπεύουν άδεια χωράφια χωρίς βλάστηση. Ανάλογα με το σχήμα των περιοχών με διαφορετικές καταστάσεις υγείας που σχηματίζονται με την ταξινόμηση, μπορούμε να κάνουμε μια εκτίμηση για την αιτία της καταπόνησης. (<http://www.seos-project.eu>)



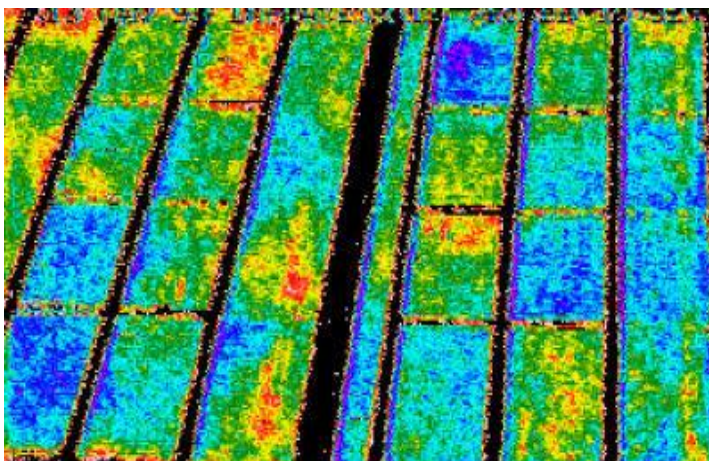
Εικόνα 20 Οι διακυμάνσεις της υγείας των καλλιεργειών εντός πεδίων, χρησιμοποιώντας δεδομένα QuickBird. Πηγή: Satellite Imaging Corporation

2.19.2 Εκτίμηση περιεκτικότητας σε νερό με την χρήση τηλεπισκόπησης

Τα φυτά χρειάζονται νερό για να επιβιώσουν. Εκτός από αυτό που χρησιμοποιείται σε βασικές βιοχημικές διεργασίες, το νερό είναι το μέσο με το μεταφέρονται τα θρεπτικά συστατικά από το έδαφος προς κάθε μέρος του φυτού. Το νερό εισέρχεται στο φυτό από τις ρίζες, μετακινείται μέσω του κυρίου στελέχους και τα κλαδιά, φθάνοντας τελικά στα φύλλα. Από εκεί, μέσω των πόρων του

φύλλου, γνωστά ως στόματα, βγαίνει στην ατμόσφαιρα. Η διαδικασία αυτή είναι γνωστή ως εφίδρωση.

Όλες οι βιολογικές διεργασίες που λαμβάνουν χώρα μέσα σε ένα φυτό παράγουν θερμότητα. Το νερό απορροφά θερμότητα και την αφαιρεί από το φυτό όταν αναδύεται μέσω των στομάτων των φύλλων. Σε κατάσταση καταπόνησης, και όταν δεν υπάρχει αρκετό νερό τα φυτά δεν μπορούν να απομακρύνουν θερμότητα μέσω εφίδρωσης αρκετά γρήγορα και έτσι, αυξάνεται η θερμοκρασία τους. Η τηλεπισκόπηση μπορεί να βοηθήσει στην ανίχνευση της αύξησης της θερμότητας, με τη χρήση της περιοχής του φάσματος που είναι ευαίσθητο στη θερμότητα.



Εικόνα 21 Περιεκτικότητα σε νερό των καλλιεργημένων πεδίων με θερμική απεικόνιση. Τα μπλε, πράσινα και κόκκινα pixels αντιπροσωπεύουν φυτά με επαρκή, μέση και χαμηλή συγκέντρωση νερού, αντίστοιχα. Πηγή: Wikimedia Commons and US Agricultural Research Service

Στην παραπάνω εικόνα, μπορούμε να δούμε τη μεταβλητότητα της περιεκτικότητας του νερού σε κάθε χωράφι. Οι χρωματικές αλλαγές μας πληροφορούν για την περιεκτικότητα σε νερό. Τα μπλε pixels αντιπροσωπεύουν φυτά με υψηλή περιεκτικότητα σε νερό, το πράσινο δείχνει φυτά με μέση περιεκτικότητα σε νερό και το κόκκινο δείχνει φυτά που υποφέρουν από χαμηλή διαθεσιμότητα νερού. Η ποικιλομορφία αυτή εμφανίζεται λόγω της μεταβλητής ικανότητας του εδάφους σε διαφορετικά τμήματα του χωραφιού, στην απορρόφηση του νερού και στη συνέχεια την παροχή του στα φυτά.

Ωστόσο κάποια προβλήματα μπορούν να παρουσιαστούν όταν υπάρχει μερική κάλυψη του εδάφους από βλάστηση χρησιμοποιώντας την συγκεκριμένη μέθοδο. Πιο συγκεκριμένα όταν η βλάστηση δεν καλύπτει πλήρως το έδαφος, η θερμοκρασία εδάφους επηρεάζει το θερμικό σήμα που καταγράφεται από τον αισθητήρα. Σε αυτή την περίπτωση είναι εύκολο να μπερδέψουμε τη χαμηλή κάλυψη βλάστησης και το ζεστό χώμα και να συμπεράνουμε ότι υπάρχει καταπόνηση που προκαλείται στα φυτά από έλλειψη νερού.

Παρόλο αυτά το λανθασμένο συμπέρασμα μπορεί να αποτραπεί αν γνωρίζουμε περίπου το ποσοστό κάλυψης του εδάφους, και ιδιαίτερα την ποσότητα της φυλλικής επιφάνειας ανά μονάδα εδάφους (γνωστό ως δείκτη φελλικής επιφάνειας), συνεπώς μπορούμε να διορθώσουμε τη μέτρηση και να μειώσουμε τις επιδράσεις της συμμετοχής του εδάφους στο θερμικό σήμα. (<http://www.seos-project.eu>)

2.19.3 Καταπολέμηση των ασθενειών και των εχθρών των φυτών

Μια ακόμα ενέργεια που μπορεί να μας παρέχει η τηλεπισκόπηση εκτός από τον εντοπισμό των φυτών που καταπονούνται από έλλειψη θρεπτικών συστατικών ή νερού, είναι στο να μας βοηθήσει στην προστασία των φυτών από πιθανές επιθέσεις εχθρών, βακτηρίων ή μυκήτων. Με το συνδυασμό της γεωργικής γνώσης με τα δεδομένα από τηλεπισκόπηση, είναι δυνατόν να έχουμε έγκαιρη προειδοποίηση και πρόληψη των επιβλαβών οργανισμών ή για μια ασθένεια που επηρεάζει τις καλλιέργειες, και να ληφθούν τα κατάλληλα μέτρα σε πρώιμο στάδιο.



Εικόνα 22 Χαρτογράφηση του δέλτα του ποταμού Mississippi, εντοπίζοντας τα πιο πιθανά σημεία όπου μπορεί να γίνει επίθεση από έντομα. Πηγή: Environmental Health Perspectives, Volume 108 (3), March 2000

Η παραπάνω πολυφασματική εικόνα παρουσιάζει τα φυτά βαμβακιού που, λόγω ευνοϊκών συνθηκών, αναπτύσσονται γρηγορότερα από τα άλλα. Αυτά τα φυτά (που απεικονίζονται με κόκκινο) είναι οι πιο πιθανοί στόχοι για επίθεση από εχθρούς και ασθένειες την συγκεκριμένη χρονική στιγμή. Γνωρίζοντας τα παραπάνω, τα φυτοφάρμακα θα πρέπει να εφαρμοστούν μόνο στις περιοχές που επισημαίνονται, μειώνοντας έτσι το κόστος της διαδικασίας και προλαμβάνοντας την ρύπανση του περιβάλλοντος μειώνοντας την ποσότητα των χημικών ουσιών που ελευθερώνονται σε αυτό.

Επιπλέον η έκταση των ζημιών που προκλήθηκαν από επιβλαβείς οργανισμούς και ασθένειες, μπορεί να εκτιμηθεί χρησιμοποιώντας μεθόδους παρόμοιες με αυτές που χρησιμοποιούνται για τον εντοπισμό καταπονημένων φυτών. Η αποσύνθεση της χλωροφύλλης αποτελεί κύριο σύμπτωμα αυτών των επιθέσεων, και σύμφωνα με τα παραπάνω, μπορούμε να εντοπίσουμε τη μείωση της πυκνότητας χλωροφύλλης στα φυτά με την τηλεπισκόπηση.



Εικόνα 23 Κάμπια πεταλούδας τρώει ένα φύλλο. Οι ζημιές μπορεί να ανιχνευθούν με δεδομένα τηλεπισκόπησης, από την εκτίμηση της ζημίας στα φύλλα της περιοχής. Πηγή: Mel Evans, Associated Press

Εκτός από την απώλεια της χλωροφύλλης, τα παράσιτα και οι ασθένειες μπορεί να προκαλέσουν την καταστροφή ολόκληρων φύλλων, κάτι που οδηγεί σε μείωση της συνολικής επιφάνειας των φύλλων και συνεπώς τη δυνατότητα της φωτοσύνθεσης. Αφού είμαστε σε θέση να εκτιμήσουμε τον Δείκτη Φυλλικής Επιφάνειας (LAI) για μια ομάδα φυτών, είναι δυνατόν να

προβλέψουμε την επίθεση από έντομα (όπως αυτή της κάμπιας πεταλούδας που φαίνεται επάνω) σε πρώιμο στάδιο και να ειδοποιηθούν οι αγρότες για να λάβουν τα κατάλληλα μέτρα.

Επιπλέον η τηλεπισκόπηση μπορεί να συμβάλει στον προσδιορισμό των φυτών που έχουν άμεση ανάγκη λιπασμάτων ή φυτοφαρμάκων και να βοηθήσει στη μείωση του ποσού αυτών των χημικών ουσιών που χρησιμοποιούνται για τη διαχείριση καλλιεργειών. (<http://www.seos-project.eu>)

2.20 Προσδιορισμός Καλλιεργειών

2.20.1 Προσδιορισμός/Εντοπισμός Καλλιεργειών Πως μπορούμε να προσδιορίζουμε καλλιέργειες με τηλεπισκόπηση.

Με την τηλεπισκόπηση είναι εύκολο να εντοπίσουμε διάφορες καλλιέργειες. Για παράδειγμα παρατηρώντας την παρακάτω δορυφορική εικόνα, μπορούμε να διακρίνουμε ορισμένες διαφορές μεταξύ των φυτών που καλλιεργούνται στα διάφορα χωράφια. Η βλάστηση παρουσιάζεται με συγκεκριμένο χρώμα, πράσινο. Παρόλα αυτά τα διάφορα είδη φυτών έχουν διαφορετικές "αποχρώσεις" του πράσινου. Αυτές οι "αποχρώσεις" μπορεί να αλλάξουν στα διάφορα στάδια του φυτού καθώς αυτά μεγαλώνουν, ωριμάζουν και μαραίνονται. Ωστόσο, οι διαφορετικές αποχρώσεις του πράσινου δεν είναι εύκολες να διακριθούν με το γυμνό μάτι.



Εικόνα 24 Εικόνα πραγματικών και ψευδών χρωμάτων. Πηγή: SEOS – project.eu

Η μικρή εικόνα στα αριστερά είναι ο τρόπος με τον οποίο βλέπει το γυμνό μάτι (και λέγεται εικόνα πραγματικών χρωμάτων). Η εικόνα στα δεξιά δείχνει πως θα φαινόταν αν μπορούσαμε να βλέπουμε στο υπέρυθρο (ονομάζεται εικόνα ψευδών χρωμάτων). Η εικόνα πραγματικών χρωμάτων φαίνεται να έχει ένα ομοιόμορφο πράσινο χρώμα. Ωστόσο, όταν εξετάζουμε την εικόνα ψευδών χρωμάτων, βλέπουμε ότι το χωράφι στην ουσία χωρίζεται σε δύο τμήματα που έχουν μια διαφορετική απόχρωση κόκκινου στη δεύτερη εικόνα. Ο λόγος για τον οποίο τα δύο τμήματα του χωραφιού φαίνονται διαφορετικά είναι επειδή έχουν διαφορετική ανάκλαση στο κοντινό υπέρυθρο.

Η βλάστηση έχει γενικά χαμηλή ανάκλαση στην ορατή περιοχή του φάσματος (αυτό που βλέπουμε με τα μάτια μας), καθώς μόνο ένα μικρό ποσό πράσινης ενέργειας δεν είναι απορροφάται. Από την άλλη πλευρά, έχει πολύ υψηλότερη ανάκλαση στο κοντινό υπέρυθρο. (<http://www.seos-project.eu>)



Εικόνα 25 © 2004, DigitalGlobe, all rights reserved Άποψη αγροτικής περιοχής κοντά στο Eloyes, νοτιοανατολικά του Στρασβούργου, Γαλλία, από τον δορυφόρο IKONOS-2 Πηγή: DigitalGlobe

2.20.2 Δεδομένα τηλεπισκόπησης που απαιτούνται για την αναγνώριση καλλιέργειών



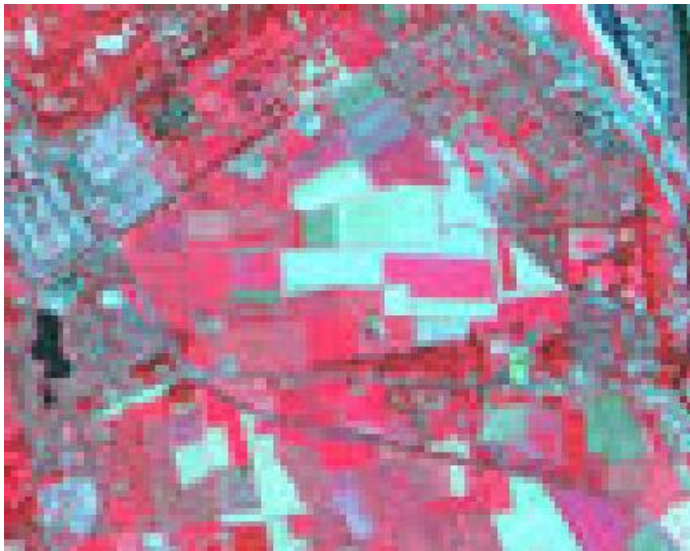
Εικόνα 26 Χωράφια στο Βέλγιο, τον Μάιο 2005 © Space Imaging Europe Πηγή: Belgian Earth Observation Platform

Οι διάφορες ανακλάσεις στο κοντινό υπέρυθρο μεταξύ των χωραφιών είναι επειδή τα χωράφια αυτά χρησιμοποιούνται για διαφορετικές καλλιέργειες όμως για να προσδιοριστεί μία συγκεκριμένη καλλιέργεια, θα πρέπει να γνωρίζουμε τα στάδια του κύκλου ανάπτυξης του φυτού (βλαστικό στάδιο, στάδιο ανάπτυξης, αναπαραγωγικό στάδιο, γηρασμός). Ο χρόνος κύκλου του φυτού διαφέρει ανάλογα την καλλιέργεια. κάποιες καλλιέργειες διαρκούν για ένα ή δύο μήνες, ενώ άλλες χρειάζονται περισσότερο από 6 μήνες για να ολοκληρώσουν την ανάπτυξή τους. Επιπλέον πρέπει να γνωρίζουμε εκ των προτέρων, το ύψος της έντασης της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας το οποίο κάθε καλλιέργεια ανακλά σε κάθε στάδιο ανάπτυξης της.

Το ηλιακό φως προσπίπτει σε όλα τα αντικείμενα της φυσικής γήινης επιφάνειας και ανακλάται από αυτά με διαφορετικό τρόπο ο οποίος σχετίζεται με τις ιδιότητες του κάθε αντικειμένου. Η χρήση πολυφασματικών δορυφορικών απεικονίσεων δίνει την δυνατότητα να μελετάμε την ανακλαστική αυτή συμπεριφορά των αντικειμένων δεδομένου ότι οι πολυφασματικοί δέκτες (όπως και ο θεματικός χαρτογράφος Landsat TM) καταγράφουν την ανακλώμενη ακτινοβολία σε ένα εύρος του φάσματος που είναι μεγαλύτερο από το ορατό (400 nm - 700 nm μήκος κύματος) με τον τρόπο αυτό, στα διάφορα κανάλια του δέκτη , καταγράφονται οι τιμές της

ανακλώμενης ακτινοβολίας από κάθε αντικείμενο το οποίο απεικονίζονται στη διαφορετική σκηνή και οι οποίες διαφέρουν από κανάλι σε κανάλι, δεδομένου ότι η ανακλαστικότητα του κάθε αντικειμένου διαφέρει για διαφορετικά μήκη κύματος. Ο τρόπος αυτός, με τον οποίο κάθε αντικείμενο ανακλά την ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία συνιστά την “φασματική υπογραφή “. Εξετάζοντας τα κανάλια του θεματικού χαρτογράφου Landsat TM ως προς το μήκος κύματος της ανακλώμενης ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας το οποίο δύναται να καταγράψουν καθώς και ως προς την τοποθέτηση επί του φάσματος των μεταγραφόμενων τιμών.

Οι εικόνες ψευδών χρωμάτων 11 και 12 παρουσιάζουν τα ίδια χωράφια στο Βέλγιο σε δύο διαφορετικές περιόδους, τον Μάιο και τον Αύγουστο. Μέσα σε κάθε χωράφι το σήμα είναι σχετικά σταθερό, γεγονός που υποδηλώνει ότι χρησιμοποιείται μια καλλιέργεια σε κάθε χωράφι.



Εικόνα 27 Τα ίδια χωράφια, τον Αύγουστο. © Korea Aerospace Research Institute 2007 Πηγή: Belgian Earth Observation Platform

Εάν συγκρίνουμε τα ίδια χωράφια στις δύο εικόνες, μπορούμε να δούμε ότι σε ορισμένες περιπτώσεις, το σήμα είναι διαφορετικό. Τα χωράφια που εμφανίζονται κόκκινα (υψηλή ανάκλαση στο κοντινό υπέρυθρο) είναι γεμάτα βλάστηση, ενώ αυτά που εμφανίζονται μπλε (χαμηλή ανάκλαση στο κοντινό υπέρυθρο) είτε έχουν πολύ λίγη βλάστηση ή καθόλου. Στην περίπτωση αυτή, το σήμα που καταγράφεται προέρχεται ουσιαστικά από το έδαφος.

Το ποσοστό της βλαστικής κάλυψης μπορούμε να το εκτιμήσουμε μέσω της περιόδου ανάπτυξης, γνωρίζοντας όμως το πότε μια καλλιέργεια έχει φυτευτεί και συγκομισθεί και υποθέτοντας ότι δεν υπάρχουν εξωτερικοί παράγοντες (καταπόνηση, ασθένειες, κλπ) που επηρεάζουν την ανάπτυξη. Δεδομένου ότι γνωρίζουμε τις παραπάνω πληροφορίες και λαμβάνοντας υπόψη τη μελέτη δύο ή περισσότερων εικόνων από την ίδια περίοδο ανάπτυξης, μπορούμε να εξετάσουμε το σήμα πολυφασματικής ανάκλασης σε κάθε στάδιο ανάπτυξης και να προσδιορίσουμε ποιες καλλιέργειες αναπτύσσονται σε κάθε χωράφι. (<http://www.seos-project.eu>)

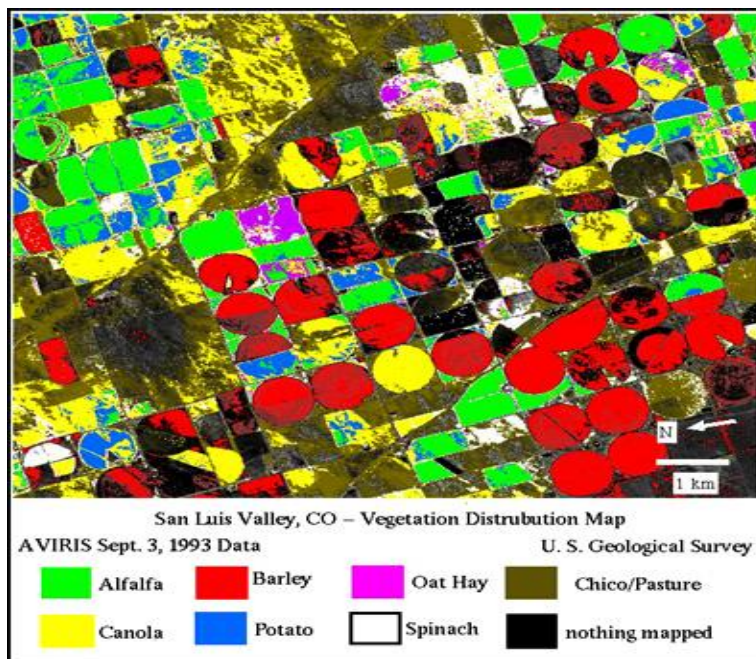


Εικόνα 28 Μέρος από την San Luis Κοιλάδα. Η θέα από δορυφόρο (εικόνα πραγματικών χρωμάτων). Πηγή: Google Earth

2.21 Δημιουργώντας χάρτες με είδη καλλιεργειών

Συνδυάζοντας διαφορετικά κανάλια δορυφορικών εικόνων που ελήφθησαν σε διαφορετικές ημερομηνίες, είναι δυνατό να ταξινομηθεί το κάθε pixel της εικόνας και να αναγνωριστεί ποιά καλλιέργεια χρησιμοποιείται. Αυτή η διαδικασία ονομάζεται κατηγοριοποίηση εικόνας. Είναι μια χρονοβόρα διαδικασία που απαιτεί πολλούς υπολογισμούς. Το λογισμικό επεξεργασίας εικόνας είναι εξοπλισμένο με αλγόριθμους που μπορούν να ανταπεξέλθουν στο φόρτο εργασίας. Το λογισμικό λαμβάνει υπόψη όλες τα διαθέσιμα κανάλια, και ομαδοποιεί τα pixels με παρόμοιες "φασματικές υπογραφές" στην ίδια κατηγορία, και μετά χρησιμοποιεί τις πληροφορίες για την κάλυψη βλάστησης να αναγνωρίσει το είδος των φυτών.

Το αποτέλεσμα αυτής της κατηγοριοποίησης φαίνεται στην παρακάτω εικόνα. Σε αυτό το συγκεκριμένο παράδειγμα, χρησιμοποιήθηκαν δεδομένα από ένα αισθητήρα που ονομάζεται AVIRIS. Τα στοιχεία αυτά συλλέχτηκαν ενώ ο αισθητήρας ήταν τοποθετημένος σε αεροσκάφος (όχι δορυφόρο). Δεδομένα από αισθητήρες σε εναέριες πλατφόρμες έχουν το πλεονέκτημα της υψηλής χωρικής ευκρίνειας (συνήθως γύρω στο 1 m για κάθε pixel) και οι εναέριοι αισθητήρες συνήθως έχουν πολλά κανάλια. Επιπλέον, ο χρήστης έχει την ελευθερία να επιλέξει πότε θα συλλεχθούν τα δεδομένα (σε αντίθεση με τους δορυφόρους, οι οποίοι συνήθως έχουν σταθερής τροχιάς και περνάνε πάνω από κάθε περιοχή της Γης σε τακτά χρονικά διαστήματα). (<http://www.seos-project.eu>)



Εικόνα 29 Κατηγοριοποίηση εικόνας που δείχνει τα διάφορα είδη καλλιεργειών Πηγή: U.S. Geological Survey

2.22 Η καταγραφή πληροφορίας στο κανάλι 4 των πολυφασματικών δορυφόρων Landsat TM, IKONOS και QuickBird

Η χρήση υπερφασματικών δορυφορικών απεικονίσεων όπως είναι και τα παράγωγα του θεματικού χαρτογράφου Landsat TM , του IKONOS και του QuickBird που χρησιμοποιούμε στην παρούσα μελέτη, μας δίνει την δυνατότητα να διερευνούμε τις τιμές της ανακλώμενης ακτινοβολίας για κάθε απεικονιζόμενο αντικείμενο στην δορυφορική σκηνή. Ειδικώς για την κατηγορία της βλάστησης, στην οποία υπάγονται και οι διαφόρων ειδών καλλιέργειες, εξετάζουμε το κανάλι 4 των δορυφόρων. Αυτό μας δίνει την δυνατότητα να εξάγουμε στατιστικά στοιχεία για την ανακλώμενη από την βλάστηση ακτινοβολία τα οποία και μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε ως πρότυπο αναγνώρισης καλύψεων βλάστησης.

Το κανάλι 4 των υπερφασματικών δορυφόρων είναι ειδικώς ρυθμισμένο να καταγράφει την ανακλώμενη ακτινοβολίας εντός της περιοχής του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος, όπου η βλάστηση (λόγω της χλωροφύλλης) παρουσιάζει την μέγιστη ανακλαστικότητα της και η οποία είναι συνήθως υψηλότερη από τα λοιπά απεικονιζόμενα αντικείμενα. Συνεπώς πολύ υψηλές τιμές καταγεγραμμένης ακτινοβολίας στο κανάλι 4 αντιστοιχούν κατά κύριο λόγο στις περιοχές με έντονη βλάστηση οι οποίες απεικονίζονται στην δορυφορική σκηνή. Το γεγονός αυτό δημιουργεί καλές προϋποθέσεις για την οπτική φωτοερμηνεία επί της δορυφορικής σκηνής με την δημιουργία έγχρωμων σύνθετων τα οποία περιέχουν ως συνιστώσα το κανάλι 4. Δημιουργώντας συνεπώς έγχρωμα σύνθετα όπως το 4-3-2 ή το 4-3-1 (το οποίο και χρησιμοποιούμε στην παρούσα μελέτη), και αναθέτοντας την απεικόνιση του καναλιού 4 στο χρώμα κόκκινο (από το χρωματικό μοντέλο RGB που χρησιμοποιείται στις οθόνες των ηλεκτρονικών υπολογιστών), επιτυγχάνεται η απεικόνιση των περιοχών βλάστησης της εικόνας με έντονο κόκκινο χρώμα. Το γεγονός αυτό δημιουργεί υψηλή διακριτοποίηση της θεματικής κατηγορίας της βλάστησης από το ευρύτερο περιβάλλον της στα εν λόγω έγχρωμα σύνθετα και αποτελεί ένα γρήγορο εργαλείο ποιοτικής εκτίμησης της από την εκμετάλλευση των δορυφορικών πολυφασματικών απεικονίσεων.

2.23 Ψηφιακοί-θεματικοί χάρτες

Η έννοια ενός χάρτη μπορεί να θεωρηθεί ότι είναι μια αφηρημένη, γενικευμένη και συμβολική γραφική απεικόνιση των χαρακτηριστικών της γήινης επιφάνειας. Η αποθήκευση ενός τέτοιου χάρτη στην ηλεκτρονική μνήμη ενός υπολογιστή μπορεί να θεωρηθεί σε γενικές γραμμές ένας

ψηφιακός χάρτης. Η διαφορά μεταξύ ενός εντύπου και ενός ηλεκτρονικού χάρτη έγκειται στο “χαρτογραφικό μοντέλο”, δηλαδή στο μεν πρώτο συνυπάρχει η χωρική πληροφορία και η απεικόνιση της στο δε δεύτερο υπάρχει μόνο η πληροφορία. Η απεικόνιση της είναι ανεξάρτητη διαδικασία η οποία μπορεί να επιτευχθεί με διαφορετικούς τρόπους επεξεργασίας της πληροφορίας. Το γεγονός αυτό καθιστά τον ψηφιακό χάρτη πιο ευέλικτο, χρήσιμο και δυναμικό εργαλείο από τον έντυπο.

Τα δορυφορικά τηλεπισκοπικά συστήματα επιτρέπουν την ηλεκτρονική αποθήκευση των περιοχών που σαρώνουν και κατά συνέπεια την ψηφιακή χαρτογραφική απεικόνιση συγκεκριμένων περιοχών της γήινης επιφάνειας.

Οι δορυφορικές εικόνες περιέχουν πολλά στοιχεία που μπορεί να χρησιμοποιηθούν σε ένα χάρτη ανάλογα με τον τύπο του χάρτη. Μέχρι πολύ πρόσφατα η λεπτομέρεια των δορυφορικών εικόνων δεν μπορούσε να θεωρηθεί ιδανική για όλους τους τύπους χαρτών και για όλες τις κλίμακες. Μέχρι πρότινος η κλίμακα 1:20.000 θεωρείται ιδανικότερη και ήταν επιτευκτή με την χρήση του Γαλλικού δορυφόρου SPOT, στο παγχρωματικό κανάλι, με χωρική ανάλυση της τάξης των δέκα μέτρων.

Τα πλεονεκτήματα της κλίμακας 1:5000 των δεδομένων του ινδικού δορυφόρου IRS - 1C (παγχρωματικό κανάλι, με χωρική ανάλυση της τάξης των πέντε μέτρων επισκιάστηκε από την συνολική ποιότητα των δεδομένων (6 bit), καθώς και την καθυστέρηση στην διάθεσή τους.

Τα νέα δορυφορικά τηλεπισκοπικά συστήματα με δυνατότητα χωρικής ανάλυσης της τάξης του ενός μέτρου και την πολυφασματική των τριών μέτρων αυξάνουν κατακόρυφα την λεπτομέρεια των δορυφορικών τους εικόνων και ταυτόχρονα τα καθιστούν ικανά να χρησιμοποιηθούν και για άλλους σκοπούς όπως την αναζήτηση θεματικών περιοχών (χαρτογράφηση βλάστησης, ικανοποίηση περιβαλλοντικής νομοθεσίας κ.λπ.) ή για την ενημέρωση χαρτών.

Τυπικές ενδεικτικές περιοχές εφαρμογών των προϊόντων των δορυφόρων υψηλής διακριτικής ικανότητας περιλαμβάνουν τομείς όπως:

- Κτηματολόγιο – διαχείριση γης – ψηφιακή χαρτογραφία
- Διαχείριση περιβάλλοντος – φυσικοί πόροι – διαχείριση ακτών και παράκτιων ζωνών
- Σχεδιασμός- ανάπτυξη υποδομής σε όλους τους βαθμούς αυτοδιοίκησης

- Γεωργία- δάση- γεωεπιστήμες
- Δημογραφία και διεξαγωγή απογραφικών ερευνών
- Δίκτυα μεταφορών
- Σχεδιασμός υπηρεσιών άμεσης επέμβασης και δημόσια ασφάλεια
- Πολιτικός σχεδιασμός έκτακτης ανάγκης – καταγραφή και εκτίμηση του μεγέθους φυσικών καταστροφών και αποκατάσταση των ζημιών
 - Δίκτυα αγωγών μεταφοράς και διανομής αγαθών και οργανισμών κοινής ωφέλειας – τηλεπικοινωνίες
 - Απεικόνιση ρεαλιστικών 3 - διαστάσεων μοντέλων εδάφους και προσομοίωση πτήσεων και κίνησης σε πραγματικό φυσικό χώρο
 - Πολιτιστική και κοινωνική έρευνα και διαχείριση αρχαιολογικών και ιστορικών χώρων και μνημείων
 - Τουρισμός – ανάπτυξη χώρων και υπηρεσιών αναψυχής
 - Κτηματομεσιτικές εφαρμογές
 - Μέσα ενημέρωσης- εκδοτικές δραστηριότητες και γραφικές τέχνες
 - Εκπαίδευση κλπ

3. ΠΕΡΙΟΧΗ ΜΕΛΕΤΗΣ

3.1 Γεωγραφική περιγραφή περιοχής μελέτης

Η Αργολίδα είναι νομός της ανατολικής Πελοποννήσου και βρέχεται στα νότια από τον αργολικό κόλπο και ανατολικά από τον Σαρωνικό κόλπο. Δυτικά και νότια συνορεύει με τον νομό Αργολίδας και βόρεια με τον νομό Κορινθίας. Πρωτεύουσα είναι το Ναύπλιο. Γεωγραφικά αποτελείται από 14 δήμους και 2 κοινότητες και καταλαμβάνει συνολική έκταση 2.214 km² ενώ με βάση την απογραφή του 2001 ο αριθμός των μόνιμων κατοίκων καταμετρήθηκε στους 105.770. (Γιαννόπουλος, 2009)

3.1.1 Κλιματολογικά στοιχεία περιοχής

Τα παρακάτω κλιματολογικά δεδομένα καταγράφηκαν στον σταθμό Αγίας Τριάδας Αργολίδας 37,63°B 22,80°A σε απόσταση 2,5 km περίπου, ο πλησιέστερος στην περιοχή μελέτης και βασίζονται σε δεδομένα των τελευταίων 10 ετών.

1. Ρ_{αν} Μέσο ετήσιο ύψος υετού 440 mm
2. Ρ_α Μέσο ύψος υετού του τετραμήνου Μαΐου - Αυγούστου 45mm
3. NT20 Αριθμός μηνών με μέση θερμοκρασία > 20°C 4 μήνες
4. NT10 Αριθμός μηνών με μέση θερμοκρασία > 10°C 11 μήνες
5. Τ_{αν} Μέση ετήσια θερμοκρασία 17,6 °C
6. Τ_α Μέση θερμοκρασία του τετραμήνου Μαΐου -Αυγούστου 24,2°C
7. m Μέση ελάχιστη θερμοκρασία του ψυχρότερου μήνα 5,3°C

Η μορφολογία και τα χαρακτηριστικά της περιοχής μελέτης ευνοούν την ανάπτυξη επαγγελματιών τα οποία μπορεί να έχουν εντελώς διαφορετική χρήση γης. Μελετώντας τα επίσημα στατιστικά δεδομένα των καλλιεργειών της περιοχής, για τα έτη 1986 έως 1998, από την εθνική υπηρεσία, για την περιοχή του νομού Αργολίδος Πελοποννήσου, προκύπτει ότι

έτος	Σύνολο Καλλιεργειών & αγρανάπταισης Πελοποννήσου (στρ)	Σύνολο Καλλιεργειών & Αγρανάπταισης Νομού Αργολίδος (στρ)	Αροτραίες Καλλιέργειες (στρ)	Κηπευτική Γη (στρ)	Αμπελώνες (στρ)	Δενδρώδεις (στρ)
1986	7.087.138	683.397	199.763	28.900	9.444	318.207
1991	7.035.072	718.816	200.821	33.605	8.322	394.458
1994	6.833.420	171.014	194.786	37.756	7.873	393.488
1998	6.752.883	720.314	198.299	41.102	7.954	403.672

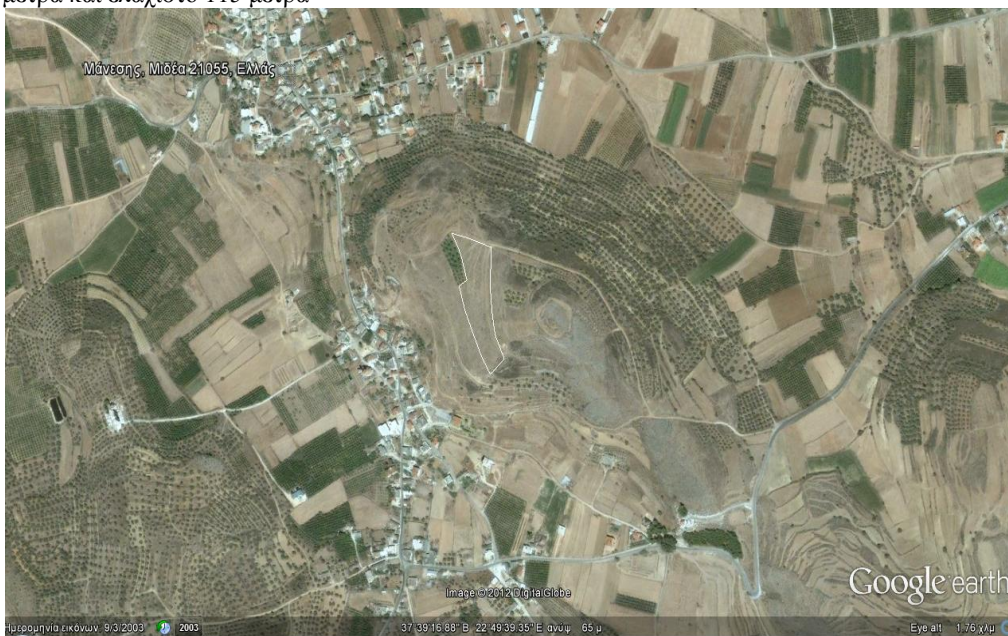
Πίνακας 3 Στατιστικά δεδομένα καλλιεργειών ανά έτος και ανά κατηγορία περιοχής Ναυπλίου Αργολίδας. Πηγή: Υπουργείο Γεωργίας

Μελετώντας τον παραπάνω πίνακα διαπιστώνουμε ότι η μείωση των καλλιεργούμενων γαιών στην ευρύτερη Πελοπόννησο δεν επηρέασε τον νομό της Αργολίδας. Οι δενδρώδεις καλλιέργειες

αποτελούν το μεγαλύτερο ποσοστό εκμεταλλεύσεων αρκετά μεγάλο ποσοστό αποτελούν και οι αροτραίες καλλιέργειες έπειτα ακολουθούν τα κηπευτικά και ελάχιστο τα αμπέλια. Με την πάροδο των χρόνων παρατηρείται μία αύξηση σε δενδρώδεις καλλιέργειες, αύξησης στα κηπευτικά και μια μικρή εναλλαγή που συνοδεύεται από μείωση των αροτραίων καλλιεργειών.

Η υπό μελέτη περιοχή βρίσκεται στο τοπικό διαμέρισμα Μάνεση σε υψόμετρο 72 μ. περίπου. Ανήκει στον Δήμο Ναυπλιέων και την περιφερειακή ενότητα Αργολίδας αποτελούσε τμήμα του πρώην δήμου Μιδέας.

Η επίδικη έκταση εντάσσεται στην περιοχή μελέτης που είναι στο Αργολικό πεδίο, νοτιοανατολικά του χωριού Μάνεση και βορειοανατολικά του χωριού Δέντρα στις πλαγιές ενός λόφου (θέση Ράχες) με μέγιστο υψόμετρο τα 132 μέτρα. Οι συντεταγμένες κέντρου των επίδικων εκτάσεων είναι $22^{\circ} 49' 45,32''$ ανατολικά και $37^{\circ} 39' 27,36''$ βόρεια με μέγιστο υψόμετρο 119 μέτρα και ελάχιστο 115 μέτρα



Εικόνα 30 Παρουσίαση επίδικης έκτασης. Ημερομηνία επίσκεψης 16-010-2011. Πηγή: Google Earth, ημερομηνία λήψης 9-3-2003

3.1.2 Υφιστάμενες χρήσεις γης στην περιοχή μελέτης

Στην δορυφορική εικόνα της 3^{ης} Σεπτεμβρίου του 2003 στην ευρύτερη περιοχή μελέτης απεικονίζονται,

- Αγροτεμάχια με φυτά μεγάλης καλλιέργειας (εαρινές καλλιέργειες), απεικονίζονται με το γεωμετρικό γενικά σχήμα τους και το έντονο πράσινο χρώμα (ανάκλαση λόγω χλωροφύλλης). Αγροτεμάχια σε αγρανάπαυση οργανωμένα, απεικονίζονται με το γεωμετρικό γενικά σχήμα τους και το σκουρότερο μπλε χρώμα (ανάκλαση γυμνού εδάφους) και εμφανή την απουσία οποιασδήποτε καλλιεργητικής επέμβασης.
- Ελαιώνες, πορτοκαλεώνες, οι ελαιώνες στις πλαγιές και στους πρόποδες του λόφου και κυρίως οι πορτοκαλεώνες στα πεδινά απεικονίζονται με γεωμετρικά σχήματα και με τα δέντρα (ελιές ή πορτοκαλιές) τοποθετημένα σε γραμμικές σειρές.
- Θερμοκήπια
- Δημοτικά διαμερίσματα: Μάνεσης και Δεντρά. Η οικιστική ανάπτυξη τους απεικονίζεται.
- Οι τεχνητές επιφάνειες και κατασκευές έχουν κυρίως τετράγωνο ή παραλληλόγραμμο σχήμα έντονο άσπρο χρώμα λόγω της ισχυρής ανάκλασης του σκυροδέματος. Επίσης παρατηρείται γκρίζα και κοκκινόχρωμη ανάκλαση λόγω της παρουσίας στακτόχρωμων και κοκκινωπών κεραμιδιών στις στέγες των σπιτιών.
- Το ασφαλτοστρωμένο οδικό δίκτυο έχει μία σκουρόχρωμη απόχρωση και γραμμικό σχήμα ενώ οι χωματόδρομοι σκούρο καφέ και γραμμικό σχήμα.
- Εκτάσεις με φυσική ποώδη βλάστηση- φρύγανα σε συνδυασμό με το γυμνό έδαφος απεικονίζονται με σταχτί χρώμα δίχως γεωμετρικές διαστάσεις και εμφανή την απουσία οποιασδήποτε καλλιεργητικής επέμβασης.



Εικόνα 27 Τμήμα επίδικης έκτασης. Ημερομηνία λήψης 8-10-11. Δυτική άποψη.



Εικόνα 31 Τμήμα επίδικης έκτασης κατά την ανθρωπογενή παρέμβαση. Ημερομηνία λήψης 6-11-08. Βόρεια άποψη.



Εικόνα 32 Τμήμα επίδικης έκτασης. Ημερομηνία λήψης 6-11-08. Βόρεια άποψη.

3.2 Επιλογή περιοχής μάρτυρα

Η περιοχή μάρτυρα, συνιστά το πρότυπο με βάση το οποίο θα πραγματοποιηθεί η σύγκριση της φασματικής συμπεριφοράς της επίδικης έκτασης. Η γενική ιδέα, πάνω στην οποία κινήθηκε η παρούσα μελέτη, είναι όπως προαναφέρθηκε η εξέταση του επίπεδου της αντανακλαστικότητας της υπό μελέτη έκτασης, σε σχέση με μια γνωστή – ταυτοποιημένη (με χρήση GPS) περιοχή η οποία παρουσιάζει κάλυψη από φυσική βλάστηση, προκειμένου να εξαχθούν συμπεράσματα για το είδος της κάλυψης της επίδικης αυτής έκτασης. Η απόσταση της από την επίδικη έκταση είναι 28 km.

Για την επιλογή της περιοχής μάρτυρα, θεσπίστηκαν τα ακόλουθα κριτήρια, ως οι κατάλληλες προϋποθέσεις τις οποίες έπρεπε να πληροί, προκειμένου η παρούσα μελέτη να καταστεί αντικειμενική και πλήρης:

➤ Προσβασιμότητα

Αποτελεί κύριο χαρακτηριστικό της περιοχής, δεδομένου ότι έπρεπε να διευκολυνθεί ο επιτόπιος έλεγχος, με τρόπο που να συντελεί στην οικονομικότητα των μέσων και του προσωπικού.

➤ Ομοιογένεια

Η χρήση της περιοχής μάρτυρα ως πρότυπο για την φασματική σύγκριση με την επίδικη έκταση, επέβαλε την εκλογή κατάλληλης έκτασης, με ομοιογενή φυσική κάλυψη, γεγονός το οποίο συντέλεσε στην εξαγωγή τιμών αντανακλαστικότητας οι οποίες ανταποκρίνονται στο συγκεκριμένο είδος της κάλυψης. Η περίπτωση επιλογής ανομοιογενούς έκτασης, θα οδηγούσε σε αλλοίωση των υπολογιζόμενων φασματικών τιμών, λόγω της ύπαρξης τμημάτων της έκτασης με διαφορετικές καλύψεις από αυτή της φυσικής βλάστησης.

➤ Φυτοκάλυψη όλο το χρόνο

Το κριτήριο αυτό, κρίθηκε απαραίτητο, λόγω της φύσης της παρούσας μελέτης, η οποία χρησιμοποιεί διαχρονική σειρά δορυφορικών απεικονίσεων για την εξαγωγή των συμπερασμάτων. Οι απεικονίσεις οι οποίες ήταν διαθέσιμες προς χρήση, παρουσιάζουν διαφορετικές ημερομηνίες λήψης, όχι μόνο ως προς το έτος, αλλά και ως προς την εποχή εντός του έτους. Είναι γνωστό, ότι ο κύκλος ζωής αρκετών φυτών, παρουσιάζει φαινοτυπικές μεταβολές εντός του κάθε έτους και η διαφορετική ποσότητα σε φύλλωμα (και συνεπώς σε ύπαρξη χλωροφύλλης) αναμένεται να δίνει διαφορετικές τιμές αντανακλαστικότητας στο εγγύς υπέρυθρο τμήμα του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος, στο οποίο εξετάζονται οι συμπεριφορές στην παρούσα μελέτη. Συνεπώς, η περιοχή μάρτυρα, θα έπρεπε να παρουσιάζει μια σταθερή φυτοκάλυψη όλο το έτος, ώστε να μας παρέχεται ένα σταθερό και αξιόπιστο μέτρο σύγκρισης.

➤ Κάλυψη από σκληροφυλλική βλάστηση

Ως συνέπεια του προηγούμενου κριτηρίου, επιλέχθηκε το είδος της βλάστησης το οποίο έπρεπε να παρουσιάζεται ως φυσική κάλυψη της περιοχής μάρτυρα. Η κάλυψη από σκληροφυλλική βλάστηση (φρύγανα, θαμνώνες, άγριες ελιές κωνοφόρα) κρίθηκε η καλύτερη επιλογή, δεδομένου ότι παρουσιάζει σταθερή φασματική συμπεριφορά όλο το έτος, λόγω της απουσίας των φαινοτυπικών μεταβολών σε αυτό το είδος βλάστησης. Παράλληλα, είναι δυνατή η εύρεσή της, σε περιοχές χαμηλού υψομέτρου και συνεπώς εύκολα προσβάσιμες, ενώ το χαμηλό ύψος των θάμνων δεν επηρεάζει την λήψη των δεκτών GPS που χρησιμοποιήθηκαν για την οριοθέτηση της περιοχής. Είναι προφανές, ότι θα μπορούσαν να εκλεχθούν και άλλα είδη φυσικής βλάστησης, όπως τμήματα με πυκνή κάλυψη από έλατα ή πεύκα, γεγονός όμως το οποίο θα οδηγούσε σε προβλήματα ως προς την προσβασιμότητα και τη χρήση των δεκτών GPS.

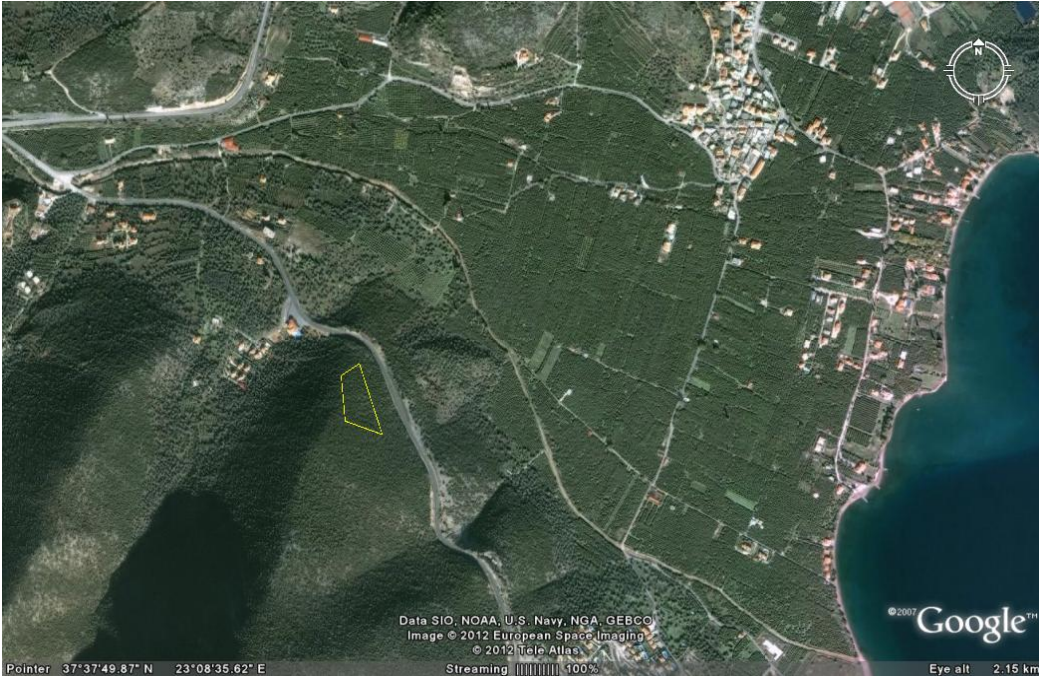
➤ Κατάλληλη έκταση

Το κριτήριο αυτό θεσπίστηκε σε συνδυασμό με την χωρική ανάλυση των χρησιμοποιούμενων δορυφορικών απεικονίσεων. Οι εικόνες Landsat, παραθέτουν την πληροφορία σε εικονοστοιχεία τα οποία αντιπροσωπεύουν 30 m πραγματικής απόστασης έκαστο, γεγονός το οποίο οδήγησε στην επιλογή έκτασης αρκετά μεγάλης, ώστε το πολύγωνο που την περιγράφει να μπορεί να υπερτεθεί επί των δορυφορικών αυτών σκηνών και να είναι ευδιάκριτο από τον ανθρώπινο οφθαλμό. Ένας επιπλέον λόγος ο οποίος συντέλεσε στην επιλογή μεγάλης έκτασης, ήταν η απαίτηση να περιλαμβάνει ικανό αριθμό εικονοστοιχείων, ώστε να εξαχθούν αξιόπιστες στατιστικές τιμές για τον μέσο όρο των ψηφιακών τιμών αυτών.

Στην βάση των ανωτέρω κριτηρίων, πραγματοποιήθηκε μια εκτίμηση υποψήφιων περιοχών, επί των υποβάθρων των δορυφορικών απεικονίσεων και χαρτών κλίμακας 1:50.000. Τελικώς, επιλέχθηκε στην ευρύτερη περιοχή της Επιδάουρου, της οποίας το όριο καταγράφηκε με τη χρήση δεκτών GPS, μετά από επιτόπιο έλεγχο για την εξασφάλιση της ομοιογένειας της κάλυψης την οποία παρουσίαζε.



Εικόνα 33 Ευρύτερη περιοχή μάρτυρα. Πηγή Google Earth



Εικόνα 34 Άποψη περιοχής μάρτυρα σε λεπτομέρεια. Πηγή Google Earth



Εικόνα 35 Περιοχή μάρτυρα επί της δορυφορικής εικόνας Landsat_1987_06_10



Εικόνα 36 Άποψη της τελικώς επιλεγθείσας περιοχής μάρτυρα. Ημερομηνία λήψης 13-9-11. Ανατολική άποψη.



Εικόνα 37 Άποψη της τελικώς επιλεγθείσας περιοχής μάρτυρα Ημερομηνία λήψης 13-9-11. Νότια άποψη.

4. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΤΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ

4.1 Επιλογή και συλλογή δεδομένων

Στην παρούσα μεταπτυχιακή μελέτη, για την εξαγωγή σχετικών πληροφοριών που σχετίζονται με την μελέτη διαχρονικής χρήσης γης της περιοχής μελέτης προτάθηκαν να χρησιμοποιηθούν μια σειρά από διαχρονικές και διαφορετικής χωρικής ικανότητας ΨΔΤΑ όπως Landsat TM, IKONOS, QuickBird οι οποίες ήταν άμεσα διαθέσιμες από το Εργαστήριο Γεωργικών Κατασκευών μειώνοντας έτσι σημαντικά το κόστος της μελέτης. Η τελική επιλογή έγινε με βάση τον μήνα και το έτος λήψης τους. Η επιλογή της εποχής λήψης των εικόνων έγινε με γνώμονα να κρατηθεί όσο το δυνατόν μικρότερη η επίδραση της γωνίας πρόσπτωσης των ακτίνων του ηλίου και να ελαττωθούν τα φαινόμενα σκιερών επιφανειών από τις εναλλαγές του υψόμετρου του ανάγλυφου. Στην μελέτη λήφθηκε υπόψη και ο πιθανός φαινολογικός κύκλος των φυτών με στόχο να ανιχνευτεί η παρουσία ή η απουσία βλάστησης κατά την διάρκεια οποιασδήποτε πρακτικής εφαρμογής είτε εαρινής είτε χειμερινής καλλιέργειας φυτών. Στόχος ήταν να αποδώσουμε σε βάθος χρόνου την φυσική κάλυψη και τις υποτιθέμενες χρήσεις γης. Τελικά επιλέχθηκαν 11 πολυφασματικές δορυφορικές εικόνες Landsat με ημερομηνίες λήψεις από το 1984-2005, μία εικόνα IKONOS με ημερομηνία λήψης 14.4.2007 και μία εικόνα Quickbird με ημερομηνία λήψης 03.09.2003. Επιπλέον χρησιμοποιήθηκαν και αναλογικά βοηθητικά δεδομένα όπως χάρτης γενικής χρήσεως 1:50.000 της ΓΥΣ

Σαρωτής	Ημερομηνία λήψεις	Γωνία πρόσπτωσης της ηλιακής ακτινοβολίας	Νεφοκάλυψη	Ποιότητα λήψης
Landsat TM 5	4-Αυγ-84	56,1	10%	9/10
Landsat TM 5	19-Μαι-85	60,0	0%	7/10
Landsat TM 5	10-Ιουν-87	70,0	0%	9/10

Landsat TM 5	26-Ιουν-87	60,6	0%	9/10
Landsat TM 5	8-Ιουν-90	58,7	20%	7/10
Landsat TM 5	21-Ιουν-91	58,6	10%	9/10
Landsat TM 4	16-Αυγ-91	44,9	10%	7/10
Landsat TM 4	26-Αυγ-92	64,2	0%	7/10
Landsat TM 5	25-Αυγ-03	54,0	15%	9/10
Landsat TM 4	10-Ιαν-05	26,0	0%	7/10
Landsat TM 5	20-Μαι-05	64,2	0%	9/10
Quick_Bird	3-Σεπ-2003	55,0	0%	9/10
IKONOS_multi	14-Απρ-2007	59,1	1%	9/10

Πίνακας 4 Συγκεντρωτικός πίνακας παρατηρήσεων χρησιμοποιούμενων δορυφορικών δεδομένων



Εικόνα 38 Landsat_1984_08_04



Εικόνα 39 Landsat_1985_05_19



Εικόνα 40 Landsat_1987_06_10



Εικόνα 41 Landsat_1987_6_26



Εικόνα 42 Landsat_1990_08_06



Εικόνα 43 Landsat_1991_06_21



Εικόνα 44 Landsat_1991_08_16



Εικόνα 45 Landsat_1992_08_26



Εικόνα 46 Landsat_2003_08_25



Εικόνα 47 Landsat_2005_01_10



Εικόνα 48 Landsat_2005_05_20



Εικόνα 49 IKONOS_14_04_2007



Εικόνα 50 Q_B multi _03_09_2003



Εικόνα 51 Q_B_pan_03_09_2003

4.2 Ψηφιακή επεξεργασία δορυφορικών δεδομένων

4.2.1 Γενικά

Η εξέλιξη των ηλεκτρονικών υπολογιστών, τα τελευταία χρόνια, βοήθησε αρκετά στο να αυξηθούν τόσο ο αριθμός των χρηστών όσο και οι εφαρμογές των ψηφιακών δορυφορικών τηλεπισκοπικών απεικονίσεων (ΨΔΤΑ). Η δομή των ΨΔΤΑ, η οποία είναι ένα μωσαϊκό από εικονοστοιχεία (pixels) που η σύνθεσή τους παρουσιάζει την εικόνα ενός φαινομένου στον χώρο επέτρεψε την ανάλυση τους και την εξαγωγή πολύτιμων Πληροφοριών από προγράμματα πληροφοριών εικόνας.

Το πλεονέκτημα των ΨΔΤΑ είναι ότι τα δεδομένα αποκτούνται σε ψηφιακή μορφή και μπορούν σχεδόν αμέσως να επεξεργαστούν σε διάφορα διαθέσιμα συστήματα επεξεργασίας εικόνας και συστήματα γεωγραφικών συστημάτων πληροφοριών (GIS). Τα παραγόμενα προϊόντα περιλαμβάνουν χάρτες φυσικής κάλυψης και χρήσεων γης, θεματικούς χάρτες και χάρτες υποδομών των υπαίθριων εκμεταλλεύσεων σε δύο και τρεις διαστάσεις αναπαριστώντας την εκμετάλλευση διαχρονικά και από διαφορετική γωνία οπτικοποίησης. (Σπυρόπουλος, 2010)

Πρώτο βήμα για την έναρξη της έρευνας είναι η συλλογή των δεδομένων και προεπεξεργασία που περιλαμβάνει τη ατμοσφαιρική/ραδιομετρική και γεωμετρική διόρθωση σε ένα ενιαίο υπόβαθρο που δεν ήταν άλλο από το προβολικό σύστημα του Ελληνικού Γεωδαιτικού Συστήματος Αναφοράς ΕΓΣΑ'87.

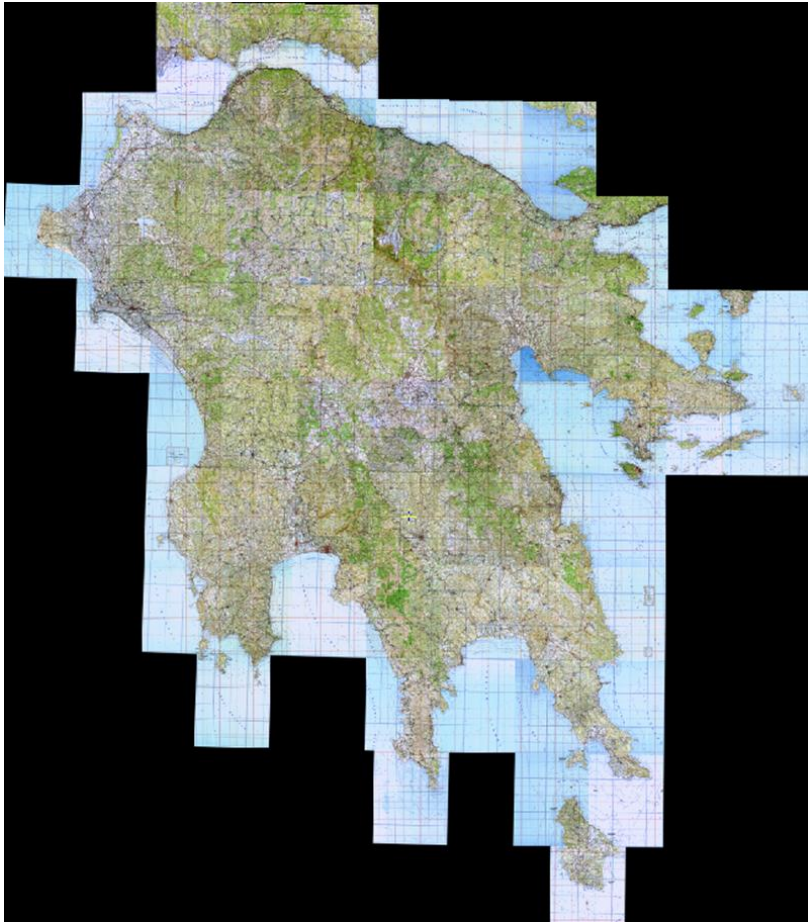
Το βασικό λογισμικό που χρησιμοποιήθηκε για την ανάλυση των δορυφορικών δεδομένων ήταν το GEOMATICA έκδοσης 10 (www.geomatica.com). Το GEOMATICA είναι ένα ευέλικτο λογισμικό αποτελούμενο από ένα πακέτο επεξεργασίας δορυφορικών εικόνων και ένα πακέτο Γεωγραφικού Συστήματος Πληροφοριών (Raster GIS) για τη διαχείριση των δορυφορικών εικόνων.

Η πλατφόρμα στην οποία έτρεξε το GEOMATICA ήταν ένας υπολογιστής HP. Για την ανάκτηση και γεωμετρική διόρθωση των εικόνων χρησιμοποιήθηκε επιπλέον περιφερειακός εξοπλισμός που περιελάμβανε:

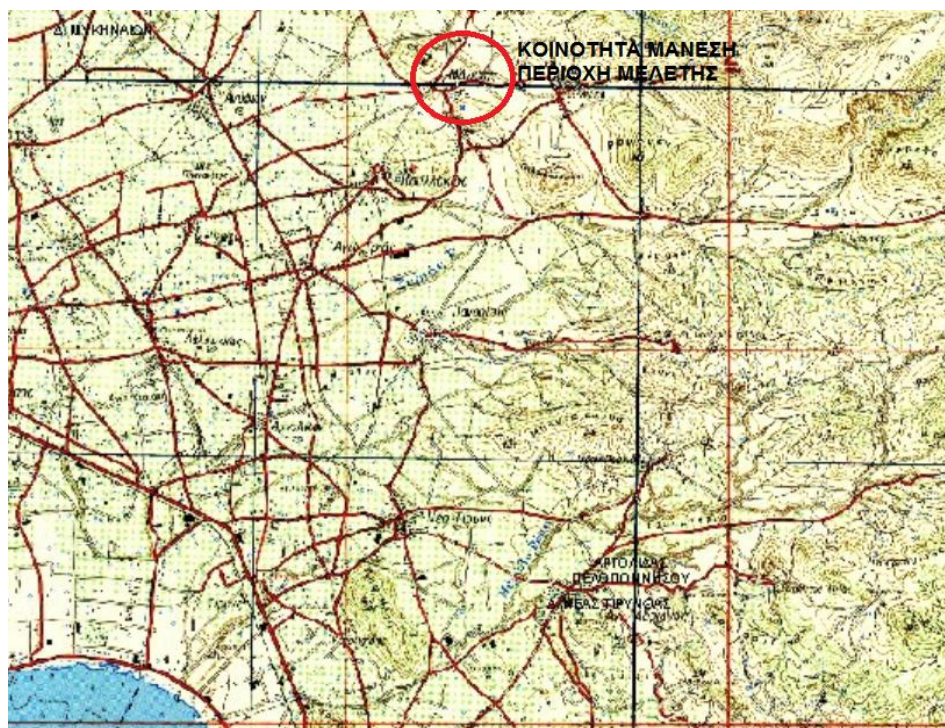
- Ψηφιοποιητής
- Σαρωτής HP

Τα επιπλέον υπόβαθρα ή δεδομένα αναφοράς που χρησιμοποιήθηκαν ήταν:

- Ψηφιακό μωσαϊκό χαρτών κλίμακας 1:50.000 της ΓΥΣ
- Χάρτης γενικής χρήσης της Γεωγραφικής Υπηρεσίας Στρατού (ΓΥΣ)



Εικόνα 52 Αποψη Ψηφιακού μωσαϊκού Πελοποννήσου. Πηγή: ZOELECTRONIC Ltd



Εικόνα 53 Η περιοχή μελέτης επί αποσπάσματος ΦΧ Ναύπλιον 1:50.000 της ΓΥΣ

4.2.2 Μεταφορά καναλιών

Το επόμενο βήμα είναι η μεταφορά των καναλιών. Από το πρόγραμμα Geomatica focus του Geomatica από το μενού file επιλέγουμε utility και έπειτα import to PCIDSK. Στον πίνακα που εμφανίζεται στο πρώτο browse επιλέγουμε το κανάλι 2 ενώ στο δεύτερο δίνουμε ένα νέο όνομα αρχείου κατά προτίμηση την ημερομηνία λήψης της δορυφορικής εικόνας. Στο σημείο της αποθήκευσης θα πρέπει να επιλέξουμε το PCIDSK. Στην συνέχεια πατάμε close και import.

Σαν δεύτερο βήμα από το Geomatica toolbar επιλέγουμε το EASI στο οποίο γράφουμε τον εξής κώδικα `srcimod - δίνω όνομα φακέλου - srcimod - rrcimod` και τέλος αφού τρέξει ο κώδικας πληκτρολογούμε y (yes) και εξερχόμαστε από τον κώδικα.

Από το μενού πάλι file από το πρόγραμμα Geomatica focus του Geomatica επιλέγουμε utility και transfer layers. Στο πρώτο browse επιλέγω ένα- ένα τα κανάλια ξεκινώντας από το δεύτερο και

στο δεύτερο browse επιλέγω την νέα ονομασία (ημερομηνία) που δημιούργησα προηγουμένως στο import to PCIDSK. Επιλέγω το κανάλι της αριστερής στήλης καθώς και το κανάλι που του αντιστοιχεί στη δεξιά στήλη. Στην συνέχεια κάνω overwrite και τέλος επιλέγω το transfer layers. Η μεταφορά των καναλιών έχει πραγματοποιηθεί.

4.2.3 Προ - επεξεργασία δορυφορικών δεδομένων

Η προ-επεξεργασία των δορυφορικών δεδομένων συνήθως περιλαμβάνει την ατμοσφαιρική/ραδιομετρική και γεωμετρική διόρθωση

Η ραδιομετρική τιμή ενός εικονοστοιχείου μπορεί να μεταβληθεί από:

- Ατέλειες του ανιχνευτή ή ηλεκτρονικό θόρυβο
- Ατμοσφαιρική απορρόφηση και σκέδαση της διαδιδόμενης ακτινοβολίας

Καθώς οι παραπάνω αιτίες μεταβολής της ραδιομετρικής τιμής του εικονοστοιχείου δεν μπορούν να ποσοτικοποιηθούν άμεσα, γίνονται έμμεσες ραδιομετρικές διορθώσεις οι οποίες βασίζονται σε υποθέσεις και μοντέλα. Στόχος είναι οι τιμές του εικονοστοιχείου που αναπαριστούν κάποιο ποιοτικό μέγεθος να παραμείνουν ίδιες ανεξάρτητα από εξωγενείς παράγοντες.

Η γεωμετρική διόρθωση είναι αναγκαία εάν τα παραγόμενα δεδομένα από την δορυφορική τηλεπισκόπηση πρόκειται να χρησιμοποιηθούν για χαρτογραφικούς σκοπούς ή για ποικίλες αναλύσεις των δεδομένων με χρήση ενός Γεωγραφικού συστήματος πληροφοριών ΣΓΠ. Η γεωμετρική ακρίβεια των δεδομένων επηρεάζεται από την περιστροφή και την καμπυλότητα της γης, τις μεταβολές υψομέτρου της επιφάνειας της γης, την αστάθεια της τροχιάς του δορυφόρου, την αστάθεια των καταγραφικών συστημάτων, τις αβεβαιότητες του προβολικού συστήματος του ανιχνευτή και στις ατμοσφαιρικές συνθήκες.

Η γεωμετρική διόρθωση των δορυφορικών δεδομένων μπορεί να γίνει σε δύο στάδια:

- Στάδιο 1: Συστηματικά σφάλματα που οφείλονται στην περιστροφή της γης αστάθειες του δορυφόρου και των οργάνων του, π.χ. γωνία παρατήρησης, κλπ.
- Στάδιο 2: Εσωτερική βελτίωση δορυφορικής εικόνας, μεταφορά σε επιλεγμένη χαρτογραφική προβολή, αναγωγή στη μέση στάθμη του εδάφους, μετασχηματισμό βασισμένο στις

χαρτογραφικές συντεταγμένες και διορθώσεις για τις μεταβολές του εδάφους. Μετά την εφαρμογή των παραπάνω διορθώσεων, η γεωμετρική ακρίβεια μπορεί στην πραγματικότητα να γίνει καλύτερη από την χωρική διακριτική ικανότητα. Για παράδειγμα, δεδομένα με διακριτική ικανότητα 10 μέτρα μπορεί να έχουν γεωμετρική ακρίβεια της τάξης των ± 6 έως ± 7 μέτρων, και δεδομένα με διακριτική ικανότητα 80 μέτρα μπορεί να έχουν γεωμετρική ακρίβεια της τάξης των ± 50 μέτρων έως και ± 70 μέτρων (Σπυρόπουλος, 2010)

4.2.3.1 Ραδιομετρική διόρθωση

Οι ψηφιακές τιμές που καταγράφηκαν από τα κανάλια του αισθητήρα του θεματικού χαρτογράφου του δορυφόρου Landsat μετασχηματίστηκαν σε τιμές ακτινοβολίας και μετέπειτα σε τιμές ανάκλασης με αυτό επετεύχθηκε χρησιμοποιώντας τους συντελεστές βαθμονόμησης πινάκων του Robinove (Robinove 1981, EOSAT – Landsat technical notes 1986). Κατά την μέθοδο αυτή το πρόγραμμα Radiance του Geomatica χρησιμοποιεί συγκεκριμένους συντελεστές κέρδους και αντιστάθμισης από τους πίνακες του Robinove και δεν απαιτεί άλλα επικουρικά στοιχεία ή πληροφορίες. Έτσι οι τιμές φωτεινότητας για κάθε κανάλι του TM μετασχηματίστηκαν πρώτα σε τιμές ακτινοβολίας ($mW m^{-2} sr^{-1} \mu m^{-1}$) κι μετέπειτα σε τιμές ανάκλασης χρησιμοποιώντας την εξίσωση 2:

$$RAD_i(x,y) = [DN_i(x,y) - OFFSET_i] / GAIN_i \quad \text{εξίσωση (1)}$$

$$REF_i(x,y) = RAD_i(x,y) / S.E.I \quad \text{εξίσωση (2)}$$

Όπου:

$RAD_i(x, y)$ = η ακτινοβολία στο pixel (x, y) του καναλιού i

$DN_i(x,y)$ = output digital number for band i at pixel (x,y)

$GAIN_i$ = ο συντελεστής κέρδους για το κανάλι i

$OFFSET_i$ = συντελεστής αντιστάθμισης για το κανάλι i

$REF_i(x, y)$ = η τιμή ανάκλασης στο pixel (x, y) του καναλιού i

S.E.I = ηλιακή εξωατμοσφαιρική ακτινοβολία (solar exoatmospheric irradiance)

($W/m^2 sr m$)

BAND		1	2	3	4	5	6	7
LANDSAT TM 4								
16-Αυγ-91	Offset	-1,5	-2,8	-1,2	-1,5	-0,37	1,238	-0,15
	AO							
	Gain	0,6024	1,1749	0,8059	0,8145	0,1081	0,0563	0,0570
26-Αυγ-92	Offset	-1,5	-2,8	-1,2	-1,5	-0,37	1,238	-0,15
	AO							
	Gain	0,6024	1,1749	0,8059	0,8145	0,1081	0,0563	0,0570
10-Ιαν-05	Offset	-1,5	-2,8	-1,2	-1,5	-0,37	1,238	-0,15
	AO							
	Gain	0,6024	1,1749	0,8059	0,8145	0,1081	0,0563	0,0570

Πίνακας 5 Παρουσίαση των τιμών Gain και Offset για κάθε εικόνα Landsat TM 4 σε κάθε ένα από τα κανάλια της

BAND		1	2	3	4	5	6	7
LANDSAT TM 5								
4-Αυγ-84	Offset	-1,52	-2,84	-1,17	-1,51	-0,37	1,2378	-0,15
	AO							
	Gain	0,668706	1,31702	1,03988	0,872588	0,119882	0,055158	0,065294
19-Μαι-85	Offset	-1,52	-2,84	-1,17	-1,51	-0,37	1,2378	-0,15
	AO							
	Gain	0,668706	1,31702	1,03988	0,872588	0,119882	0,055158	0,065294
10-Ιουν-87	Offset	-1,52	-2,84	-1,17	-1,51	-0,37	1,2378	-0,15
	AO							
	Gain	0,668706	1,31702	1,03988	0,872588	0,119882	0,055158	0,065294
26-Ιουν-87	Offset	-1,52	-2,84	-1,17	-1,51	-0,37	1,2378	-0,15
	AO							
	Gain	0,668706	1,31702	1,03988	0,872588	0,119882	0,055158	0,065294
8-Ιουν-90	Offset	-1,52	-2,84	-1,17	-1,51	-0,37	1,2378	-0,15
	AO							
	Gain	0,668706	1,31702	1,03988	0,872588	0,119882	0,055158	0,065294
21-Ιουν-91	Offset	-1,52	-2,84	-1,17	-1,51	-0,37	1,2378	-0,15
	AO							
	Gain	0,668706	1,31702	1,03988	0,872588	0,119882	0,055158	0,065294
25-Αυγ-03	Offset	-1,52	-2,84	-1,17	-1,51	-0,37	1,2378	-0,15
	AO							
	Gain	0,762824	1,44251	1,03988	0,872588	0,119882	0,055158	0,065294
20-Μαι-05	Offset	-1,52	-2,84	-1,17	-1,51	-0,37	1,2378	-0,15
	AO							
	Gain	0,762824	1,44251	1,03988	0,872588	0,119882	0,055158	0,065294

Πίνακας 6 Παρουσίαση των τιμών Gain και Offset για κάθε εικόνα Landsat TM 5 σε κάθε ένα από τα κανάλια της

4.2.3.2 Γεωμετρική διόρθωση

1. Συστηματικές παραμορφώσεις

Αφορούν σε παραμορφώσεις που οφείλονται στα χαρακτηριστικά του τηλεσκοπίου του δορυφόρου, την στιγμιαία θέση του, το ύψος, την ταχύτητα, πιθανές παρεκκλίσεις της τροχιάς κλπ. διορθώνονται με την εφαρμογή συγκεκριμένων μαθηματικών μοντέλων από το ειδικό λογισμικό στο σταθμό λήψεως. Ένα τέτοιο παράδειγμα είναι η παραμόρφωση που προκαλείται από την προς ανατολάς κίνηση της γης κατά την διάρκεια των σαρώσεων. Εξαιτίας αυτού κάθε σάρωση από Βορρά προς Νότο (κατερχόμενη) καταγράφει περιοχή της οποίας η αρχή είναι ελαφρά δυτικότερα από την προηγούμενη σάρωση.

2. Τυχαίες παραμορφώσεις (σφάλματα)

Αφορούν σε λάθη παραμένοντα μετά την διόρθωση των συστηματικών σφαλμάτων. Σε αντίθεση με τα προηγούμενα, τα οποία διορθώνονται με πληροφορίες που δίνει ο ίδιος ο αισθητήρας, εδώ η διόρθωση γίνεται με την χρήση επιγείων σημείων ελέγχου (Ground Control Points – GCPs) τα οποία προμηθεύει ο χρήστης. Η νέα εικόνα που σχηματίζεται ονομάζεται "διορθωμένη εικόνα".

Η διαδικασία που ακολουθείται από το λογισμικό κατά την γεωμετρική διόρθωση χωρίζεται σε δύο στάδια:

Μετασχηματισμός των συντεταγμένων των pixels

Η γεωμετρική διόρθωση (registration) της εικόνας, γίνεται με την χρήση χαρακτηριστικών επίγειων σημείων ελέγχου (Ground Control Points ή GCPs), τα οποία εξάγονται από τα χρησιμοποιούμενα, κάθε φορά, υπόβαθρα αναφοράς (γεωαναφερμένοι χάρτες, ορθοεικόνες και ορθομωσαϊκά). Τα GCPs αναγνωρίζονται τόσο επί της δορυφορικής εικόνας (ΔΕ), όσο και επί του χρησιμοποιούμενου υποβάθρου και μετρώνται οι εικονοσυντεταγμένες τους επί αυτών. Οι εικονοσυντεταγμένες ενός σημείου στην αδιόρθωτη ΔΕ αναφέρονται στο σύστημα γραμμών και στηλών του δορυφορικού σαρωτή, ενώ οι εικονοσυντεταγμένες του αντίστοιχου σημείου επί του γεωαναφερμένου υποβάθρου, αναφέρονται στο χρησιμοποιούμενο γεωδαιτικό σύστημα αναφοράς.

Με την μέτρηση ικανού αριθμού GCPs (6 για γεωμετρική διόρθωση με χρήση πολυωνυμικών εξισώσεων β βαθμού), το λογισμικό προσδιορίζει μονοσήμαντα τους συντελεστές των πολυωνύμων τα οποία θα πραγματοποιήσουν τον μετασχηματισμό των εικονοσυντεταγμένων της εικόνας, από το ένα σύστημα στο άλλο. Ο προσδιορισμός των τιμών των συντελεστών αυτών, βελτιώνεται με την χρήση περισσότερων GCPs, μέσω μιας διαδικασίας μαθηματικής συνόρθωσης, γεγονός που αυξάνει την ακρίβεια της γεωαναφοράς.

Η εκλογή των GCPs είναι πολύ σημαντική για την ακρίβεια της διαδικασίας. Ως τέτοια σημεία, εκλέγονται χαρακτηριστικά αναγνωρίσιμα σημεία, τόσο επί των ΔΕ όσο και επί των χρησιμοποιούμενων υποβάθρων και η μέτρηση τους πρέπει να πραγματοποιείται με ιδιαίτερη προσοχή και ακρίβεια. Η κατανομή των GCPs επί της εικόνας πρέπει να είναι κανονική, δηλαδή να βρίσκονται ομοιόμορφα κατανομημένα, προκειμένου να απορροφούν τα σφάλματα της εικόνας με ομοιογενή τρόπο.

Κατά την μετατροπή των συντεταγμένων και την δημιουργία του καινούργιου κανάβου υπολογίζεται το μέσο τετραγωνικό σφάλμα διόρθωσης ή RMS error το οποίο οφείλεται στην προσπάθεια εναποθέτησης των GCPs στην διορθωμένη εικόνα (χάρτη). Το RMS error υπολογίζεται σε Pixel και εάν το συνολικό RMS υπερβαίνει το ένα Pixel τότε απομακρύνονται τα GCPs που προκαλούν το μεγαλύτερο σφάλμα και υπολογίζονται ξανά οι συντεταγμένες της διορθωμένης εικόνας.

Οι πολυωνυμικές εξισώσεις, προκαλούν μια συνολική μετάθεση, στροφή και κλίμακα στην αρχική, αδιόρθωτη εικόνα, έτσι ώστε αυτή να προσαρμοστεί όσο τον δυνατόν καλύτερα στο χρησιμοποιούμενο γεωδαιτικό σύστημα αναφοράς. Η τελική, διορθωμένη εικόνα, όντας στραμμένη, δεν μπορεί να απεικονιστεί στο σύστημα της οθόνης του ηλεκτρονικού υπολογιστή, παρά μόνον εάν εγγραφεί σε ένα ευρύτερο κανάβο εικονοστοιχείων, με κανονική διάταξη (γραμμές και στήλες κατακόρυφων και οριζόντιων εικονοστοιχείων). Αφού λοιπόν το λογισμικό υπολογίσει τους άγνωστους συντελεστές $a_1, a_2, a_3, a_4, a_5, a_6, b_1, b_2, b_3, b_4, b_5, b_6$ των πολυωνυμικών εξισώσεων

$$x = a_1 + a_2 X + a_3 Y + a_4 X Y + a_5 X^2 + a_6 Y^2$$
$$y = b_1 + b_2 X + b_3 Y + b_4 X Y + b_5 X^2 + b_6 Y^2$$

όπου X, Y : οι συντεταγμένες του σημείου στην εικόνα και x, y : οι συντεταγμένες του σημείου στο χάρτη, μετασχηματίζει μέσω αυτών τα ακραία σημεία της αδιόρθωτης εικόνας από το σύστημα

γραμμών και στηλών του σαρωτή, στο χρησιμοποιούμενο γεωδαιτικό σύστημα. Από τα μέγιστα και ελάχιστα των μετασχηματισμένων αυτών εικονοσυντεταγμένων, ορίζεται ο ευρύτερος κánaβος της τελικής, διορθωμένης, εικόνας του οποίου τα κενά εικονοστοιχεία αποκτούν ψηφιακές τιμές φωτεινότητας, μέσω μιας διαδικασίας η οποία ονομάζεται επαναδειγματοληψία ή επαναδόμηση (resampling).

Επαναδόμηση εικόνας (resampling)

Κατά την επαναδόμηση προσδιορίζονται από το πρόγραμμα οι νέες τιμές λαμπρότητας των pixel του διορθωμένου πίνακα (τελική εικόνα) με βάση τους πολυωνμικούς μετασχηματισμούς που υπολογίστηκαν προτίστως. Στην εργασία αυτή επιλέχθηκε ο μετασχηματισμός Nearest Neighbor (εγγύτερου γείτονα). Κατά τον μετασχηματισμό αυτό οι εικονοσυντεταγμένες ενός εικονοστοιχείου της τελικής εικόνας, ανάγονται μέσω του αντίστροφου πολυωνμικού μετασχηματισμού σε μία θέση επί της αρχικής εικόνας. Η τιμή φωτεινότητας του εγγύτερου σε αυτή τη θέση εικονοστοιχείου της αρχικής εικόνας, εκχωρείται στο εικονοστοιχείο της τελικής από το οποίο εκκίνησε η διαδικασία. Η μέθοδος αυτή χρησιμοποιείται όταν μικρές διαφορές ραδιομετρίας πρέπει να διατηρηθούν στην διορθωμένη εικόνα. Ωστόσο, μπορεί η εικόνα να μετατοπιστεί ή και παραμορφωθεί χωρικά κατά μισό pixel και μπορεί τα pixel της εικόνας να έχουν οδοντωτή μορφή ή σχηματίζουν μπλοκ, ειδικά εάν η στροφή της εικόνας και (ή) η αλλαγή κλίμακας είναι μεγάλη. (Σπυρόπουλος, 2010)

Το πρόγραμμα OrthoEngine του Geomatica χρησιμοποιήθηκε κατά την εφαρμογή της γεωμετρικής διόρθωσης των εικόνων από το 1984 έως το 2005 ως προς το ψηφιακό μωσαϊκό της Πελοποννήσου με την βοήθεια των επίγειων σημείων ελέγχου (GCPs). Η διόρθωση έγινε με την χρήση των πολυωνμικών εξισώσεων 2^{ου} βαθμού, που προαναφέρθηκαν. Το ψηφιακό μωσαϊκό της Πελοποννήσου που χρησιμοποιήθηκε ως υπόβαθρο αποτελείται από ψηφιοποιημένους και ενοποιημένους χάρτες της ΓΥΣ 1:50.000. Με αυτή τη μέθοδο το σύστημα συντεταγμένων μέσω του χαρτογραφικού μετασχηματισμού ανάχθηκε στη χαρτογραφική προβολή TM (εγκάρσια Μερκατορική προβολή) του γεωδαιτικού συστήματος αναφοράς ΕΓΣΑ'87. Οι εικόνες QuickBird multi και IKONOS διορθώθηκαν ως προς την πανχρωματική QuickBird.

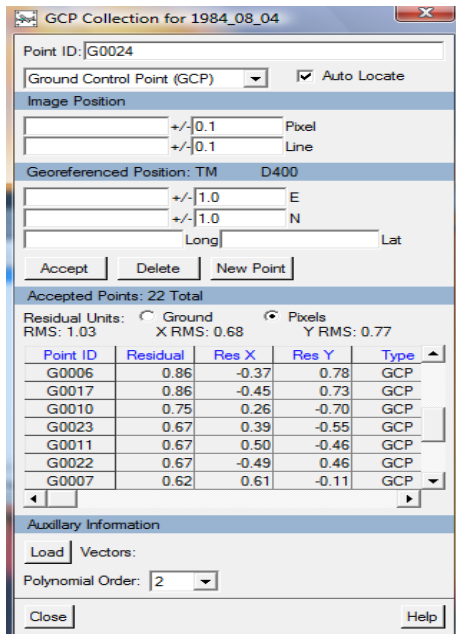
Τα σημεία ελέγχου διαλέχθηκαν ομοιόμορφα. Για όλες τις εικόνες δόθηκε ιδιαίτερη προσοχή ώστε η μέγιστη απόκλιση της εικόνας (Root Mean Square - Error) στους άξονες των X και Y να μην

υπερβαίνει το 1.10 εικονοστοιχείο που αντιστοιχούσε σε περίπου μήκος 30 m για τις εικόνες Landsat, 1 m για την εικόνα IKONOS και 2,62 m για την εικόνα Quickbird. Τα σημεία επιλέχτηκαν ομοιόμορφα και καλά διασπαρμένα στις εικόνες. Επόμενο βήμα είναι να εξάγουμε τις φασματικές υπογραφές στο κανάλι 4 στην IKONOS, QUICKBIRD και LANDSAT. Το κανάλι 4 αναφέρεται στην ανάκλαση του κοντινού υπέρυθρου όπως προαναφέραμε. Λόγω του ότι η ανάκλαση βασίζεται στην παρουσία χλωροφύλλης το κανάλι 4, σε περίπτωση ύπαρξης βλάστησης (είτε φυσικής είτε καλλιέργειας), αποτελεί αλάνθαστο μάρτυρα.

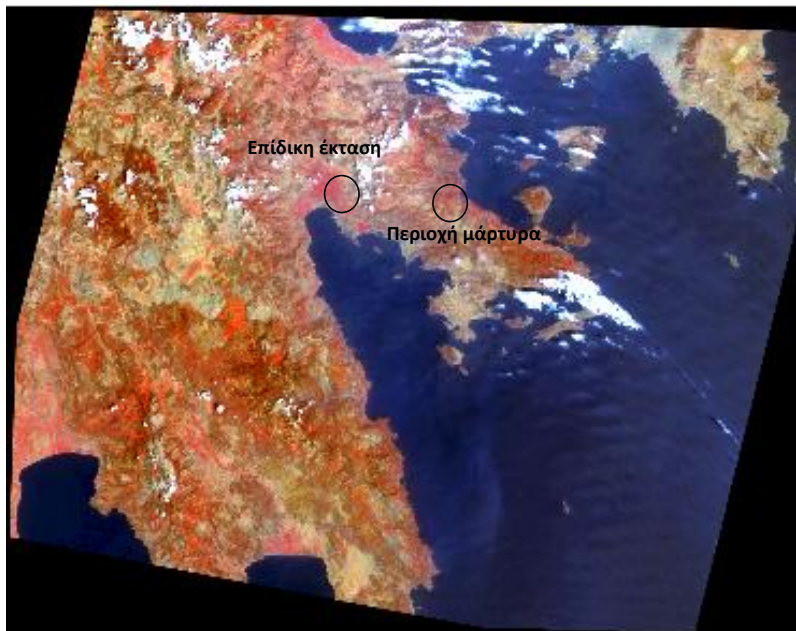
Ακλουθώντας τις παραπάνω διαδικασίες προκύπτουν τα εξής αποτελέσματα:



Εικόνα 54 Επιλογή σημείων ελέγχου στην εικόνα Landsat_1984_08_04



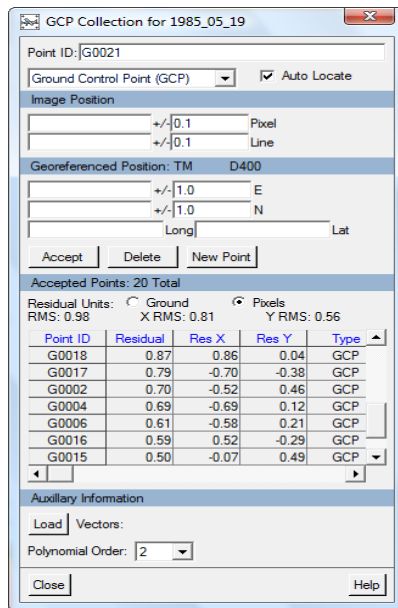
Εικόνα 55 Το παράθυρο επιλογής παρουσίασης στατιστικού ελέγχου και αποθήκευσης των σημείων επίγειου ελέγχου μετά την επιλογή τους



Εικόνα 56 Διορθωμένη Landsat_1984_08_04



Εικόνα 57 Επιλογή σημείων ελέγχου στην εικόνα Landsat_1985_05_19



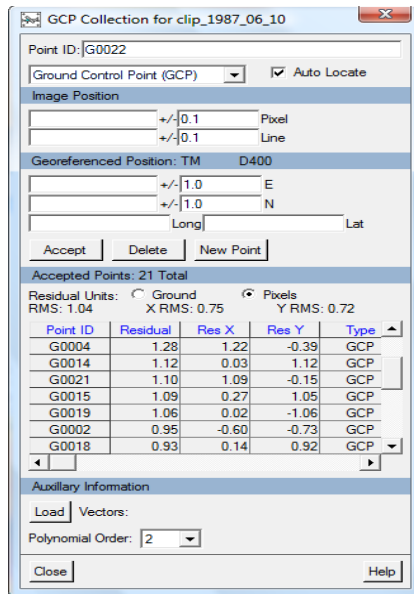
Εικόνα 58 Το παράθυρο επιλογής παρουσίασης στατιστικού ελέγχου και αποθήκευσης των σημείων επίγειου ελέγχου μετά την επιλογή τους



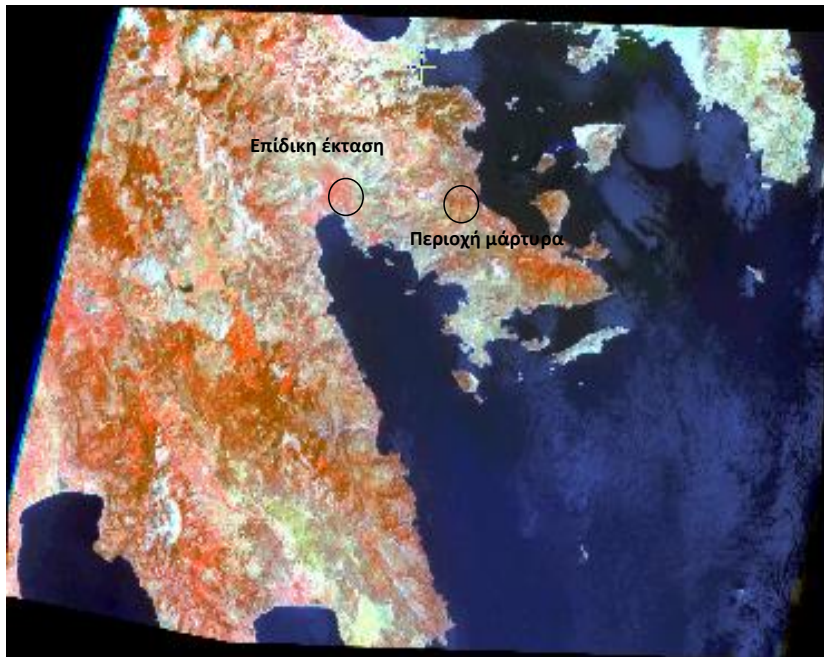
Εικόνα 59 Διορθωμένη Landsat_1985_05_19



Εικόνα 60 Επιλογή σημείων ελέγχου στην εικόνα Landsat_1987_06_10



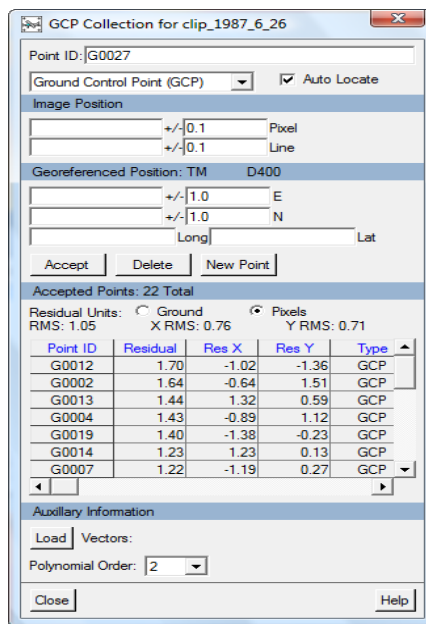
Εικόνα 61 Το παράθυρο επιλογής παρουσίασης στατιστικού ελέγχου και αποθήκευσης των σημείων επίγειου ελέγχου μετά την επιλογή τους



Εικόνα 62 Διορθωμένη Landsat_1987_06_10



Εικόνα 63 Επιλογή σημείων ελέγχου στην εικόνα Landsat_1987_6_26



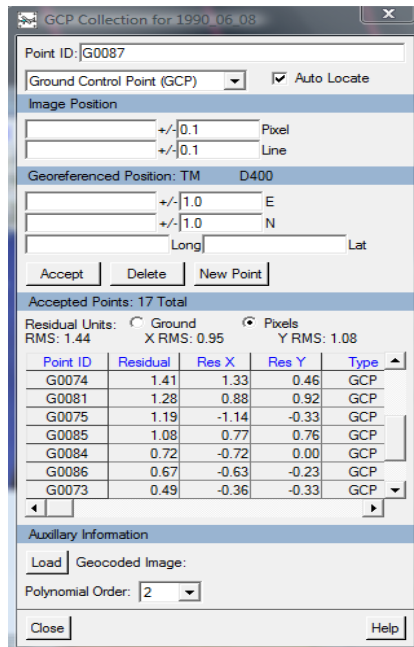
Εικόνα 64 Το παράθυρο επιλογής παρουσίασης στατιστικού ελέγχου και αποθήκευσης των σημείων επίγειου ελέγχου μετά την επιλογή τους



Εικόνα 65 Διορθωμένη Landsat_1987_6_26



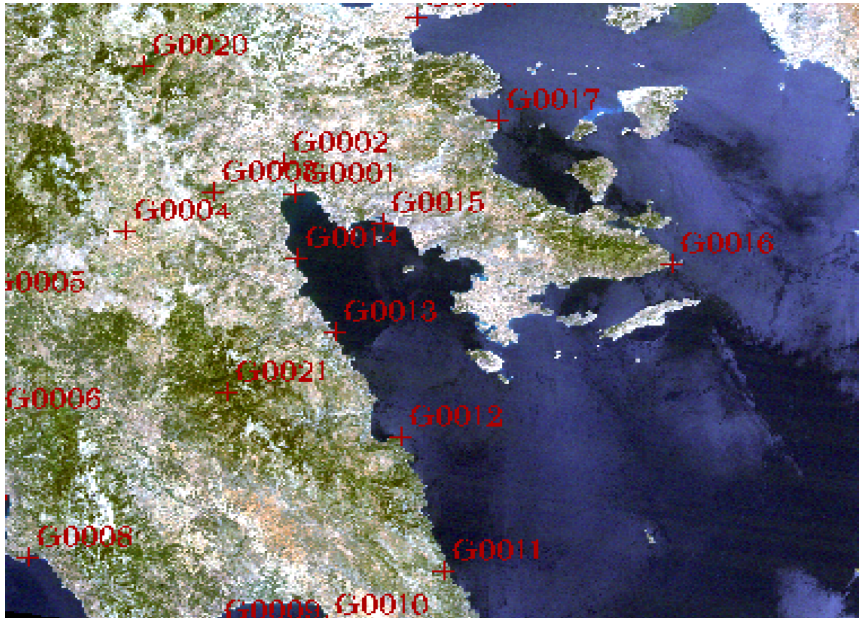
Εικόνα 66 Επιλογή σημείων ελέγχου στην εικόνα Landsat_1990_08_06



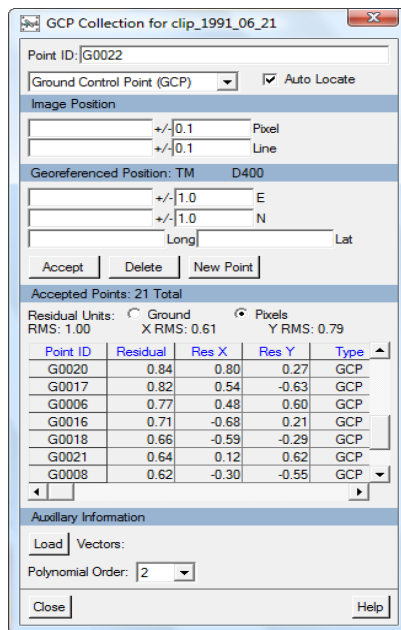
Εικόνα 67 Το παράθυρο επιλογής παρουσίασης στατιστικού ελέγχου και αποθήκευσης των σημείων επίγειου ελέγχου μετά την επιλογή τους



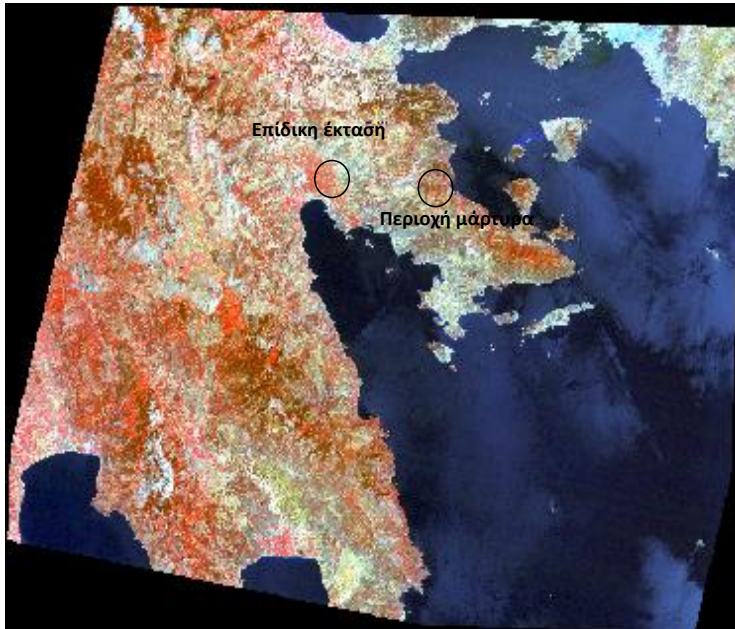
Εικόνα 68 Διορθωμένη Landsat_1990_08_06



Εικόνα 69 Επιλογή σημείων ελέγχου στην εικόνα Landsat_1991_06_21



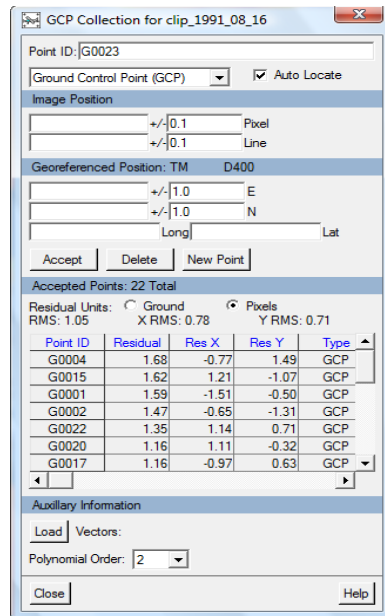
Εικόνα 70 Το παράθυρο επιλογής παρουσίασης στατιστικού ελέγχου και αποθήκευσης των σημείων επίγειου ελέγχου μετά την επιλογή τους



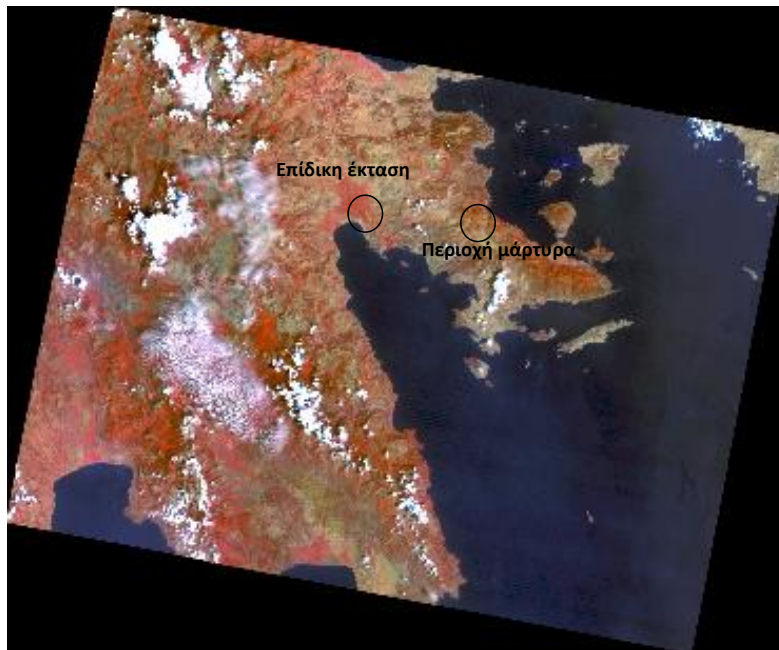
Εικόνα 71 Διορθωμένη Landsat_1991_06_21



Εικόνα 72 Επιλογή σημείων ελέγχου στην εικόνα Landsat_1991_08_16



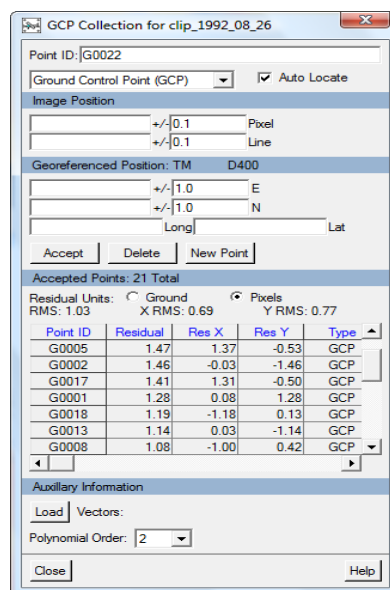
Εικόνα 73 Το παράθυρο επιλογής παρουσίας στατιστικού ελέγχου και αποθήκευσης των σημείων επίγειου ελέγχου μετά την επιλογή τους



Εικόνα 74 Αιωροθωμένη Landsat_1991_08_16



Εικόνα 75 Επιλογή σημείων ελέγχου στην εικόνα Landsat_1992_08_26



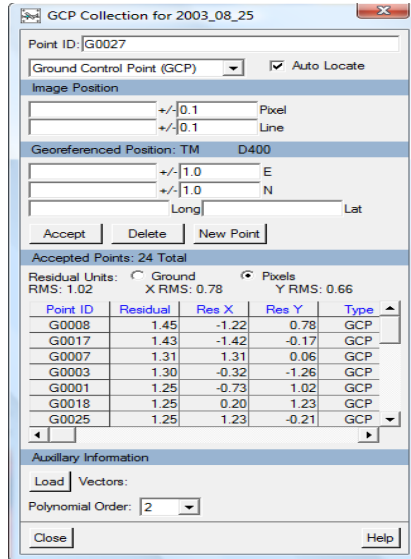
Εικόνα 74 Το παράθυρο επιλογής παρουσίασης στατιστικού ελέγχου και αποθήκευσης των σημείων επίγειου ελέγχου μετά την επιλογή τους



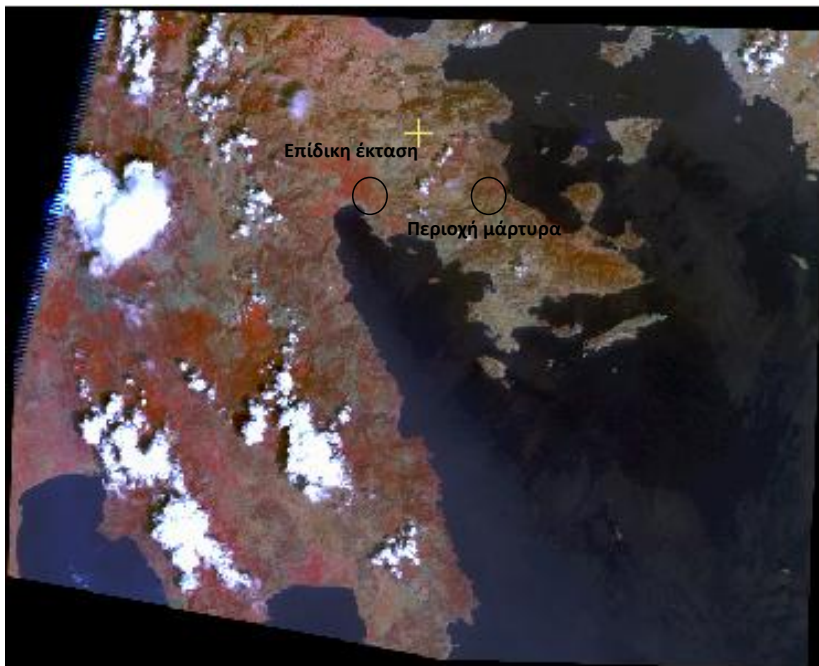
Εικόνα 75 Διορθωμένη Landsat_1992_08_26



Εικόνα 76 Επιλογή σημείων ελέγχου στην εικόνα Landsat_2003_08_25



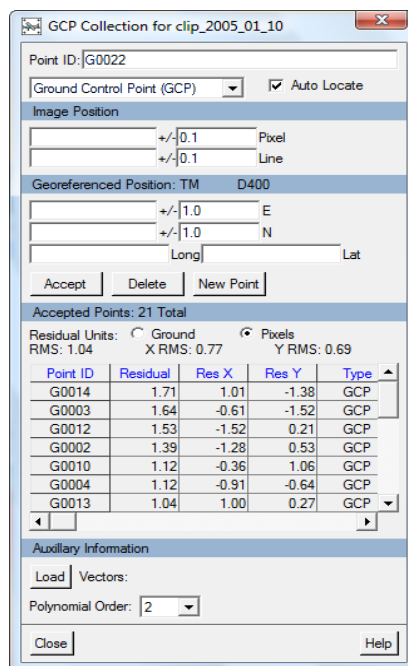
Εικόνα 77 Το παράθυρο επιλογής παρουσίας στατιστικού ελέγχου και αποθήκευσης των σημείων επίγειου ελέγχου μετά την επιλογή τους



Εικόνα 78 Διορθωμένη Landsat_2003_08_25



Εικόνα 79 Επιλογή σημείων ελέγχου στην εικόνα Landsat_2005_01_10



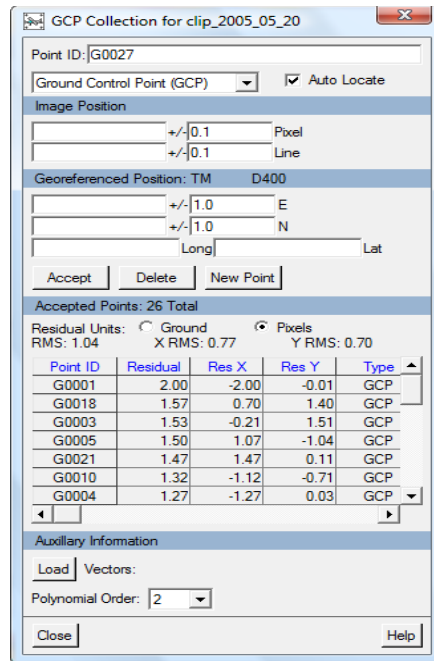
Εικόνα 80 Το παράθυρο επιλογής παρουσίασης στατιστικού ελέγχου και αποθήκευσης των σημείων επίγειου ελέγχου μετά την επιλογή τους



Εικόνα 81 Διορθωμένη Landsat_2005_01_10



Εικόνα 82 Επιλογή σημείων ελέγχου στην εικόνα Landsat_2005_05_20



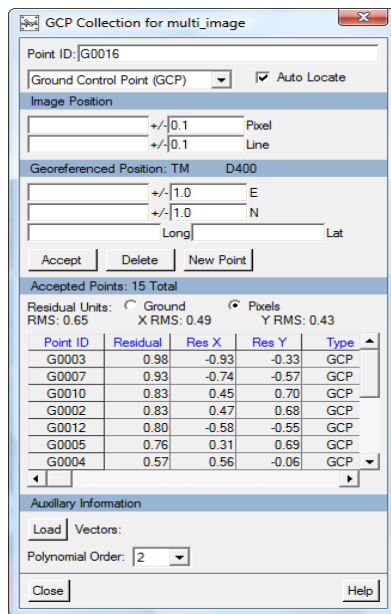
Εικόνα 83 Το παράθυρο επιλογής παρουσίας στατιστικού ελέγχου και αποθήκευσης των σημείων επίγειου ελέγχου μετά την επιλογή τους



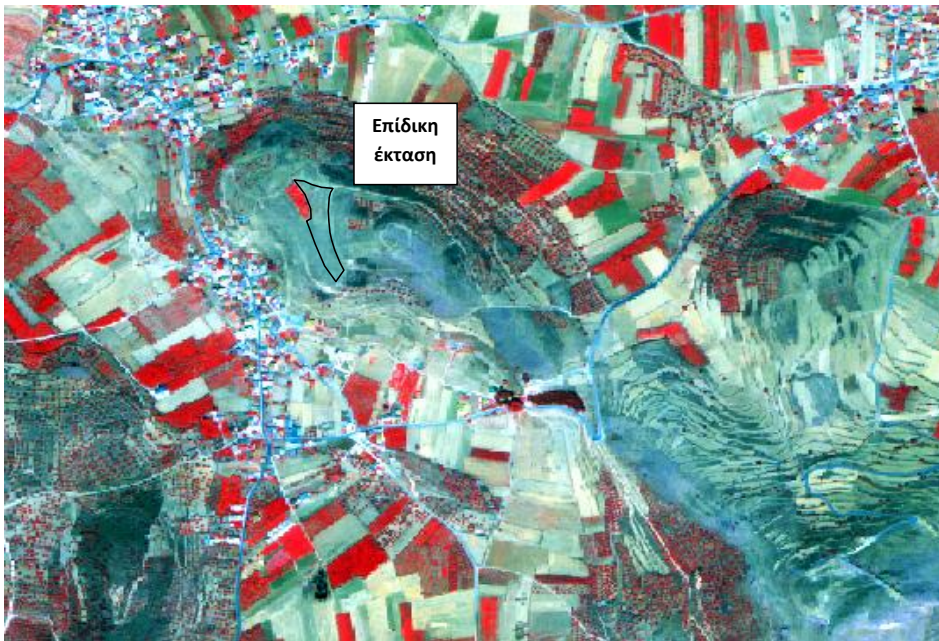
Εικόνα 84 Απορθωμένη Landsat_2005_05_20



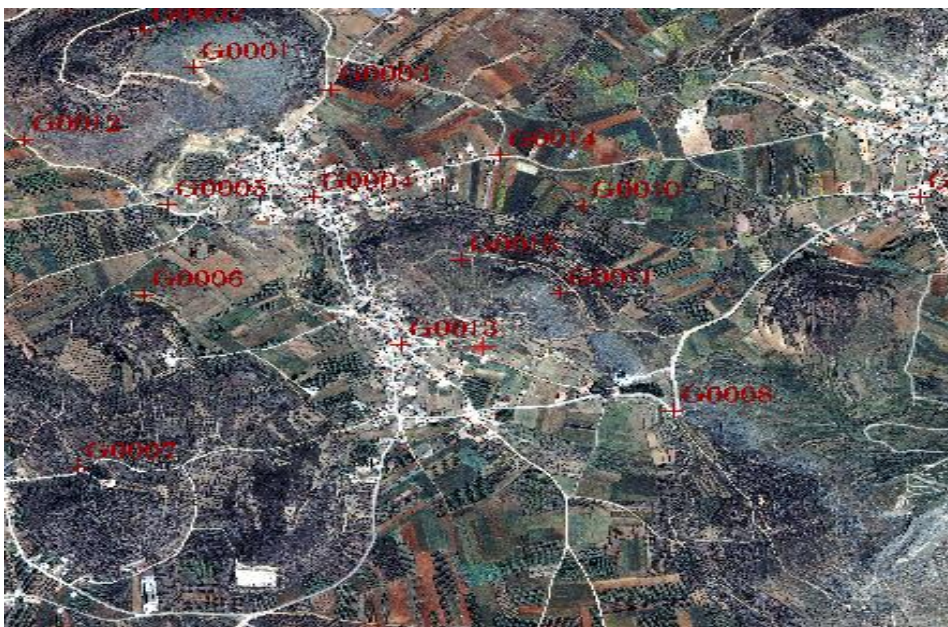
Εικόνα 85 Επιλογή σημείων ελέγχου στην εικόνα Q_B multi _03_09_2003



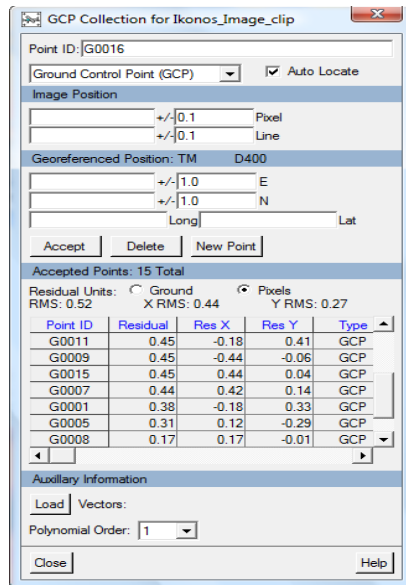
Εικόνα 86 Το παράθυρο επιλογής παρουσίασης στατιστικού ελέγχου και αποθήκευσης των σημείων επίγειου ελέγχου μετά την επιλογή τους



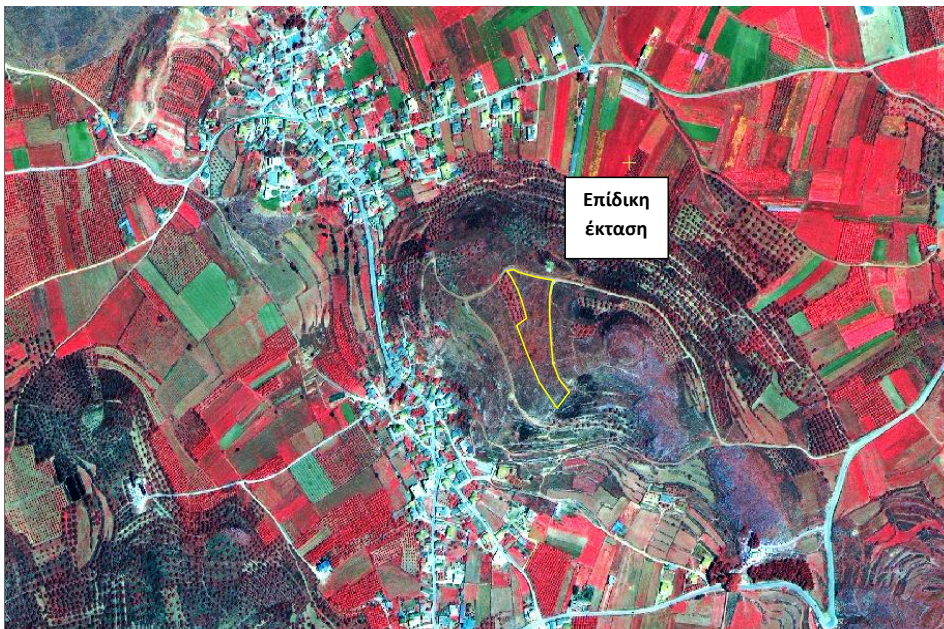
Εικόνα 87 Διορθωμένη Q_B multi _03_09_2003



Εικόνα 76 Επιλογή σημείων ελέγχου στην εικόνα IKONOS_14_04_2007



Εικόνα 77 Το παράθυρο επιλογής παρουσίας στατιστικού ελέγχου και αποθήκευσης των σημείων επίγειου ελέγχου μετά την επιλογή τους



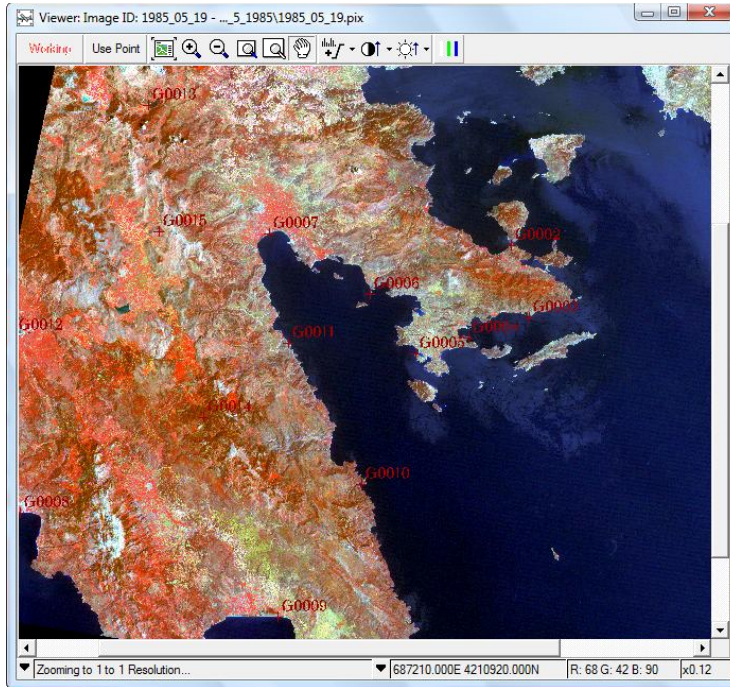
Εικόνα 78 Διορθωμένη IKONOS_14_04_2007

Παρακάτω παρατίθεται ένας συγκεντρωτικός πίνακας ο οποίος αναφέρεται στο RMS της κάθε δορυφορικής εικόνας:

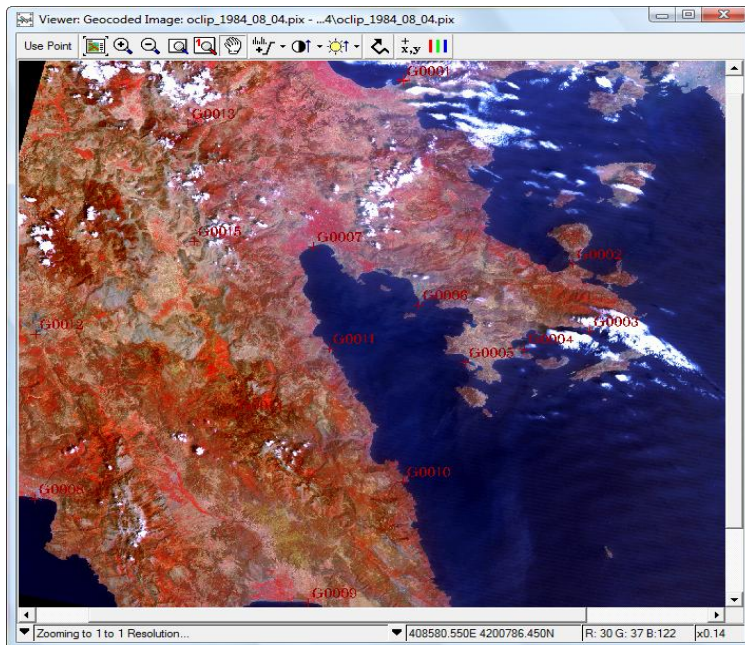
Ημερομηνία λήψης δορυφορικών δεδομένων	X RMS	Y RMS	RMS
Landsat 1984_08_04	0,68	0,77	1,03
Landsat 1985_05_19	0,81	0,56	0,98
Landsat 1987_06_10	0,75	0,72	1,04
Landsat 1987_06_26	0,76	0,71	1,05
Landsat 1990_08_06	0,85	0,57	1,03
Landsat 1991_06_21	0,61	0,79	1,00
Landsat 1991_08_16	0,78	0,71	1,05
Landsat 1992_08_26	0,69	0,77	1,03
Landsat 2003_08_25	0,78	0,66	1,02
Landsat 2005_01_10	0,77	0,69	1,04
Landsat 2005_05_20	0,77	0,70	1,04
Q_B multi_03_09_2003	0,49	0,43	0,65
IKONOS_14_04_2007	0,44	0,27	0,52

Πίνακας 7 Παρουσίαση των τιμών RMS για κάθε μία από τις εικόνες Landsat

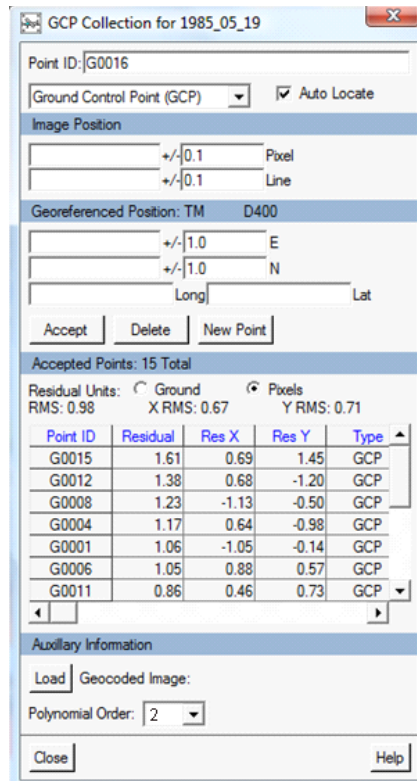
Μία άλλη μέθοδος γεωμετρικής διόρθωσης είναι η Image to Image σύμφωνα με την οποία διορθώνουμε μία δορυφορική εικόνα σχετικά με ένα υπόβαθρο αναφοράς (εδώ ψηφιακό μωσαϊκό της Πελοποννήσου) και όλες τις υπόλοιπες δορυφορικές εικόνες τις διορθώνουμε με βάση την αρχική. Παρακάτω παρατίθεται ένα παράδειγμα της παραπάνω μεθόδου.



Εικόνα 88 Επιλογή σημείων GCPs κατά την γεωμετρική διόρθωση στην εικόνα 19-5-1985 χρησιμοποιώντας ως υπόβαθρο την διορθωμένη ως προς το ψηφιακό μωσαϊκό Πελοποννήσου δορυφορική εικόνα 4-8-1984



Εικόνα 89 Η εικόνα που εμφανίζεται στο δεύτερο παράθυρο του Geomatica 9.1 κατά τη γεωμετρική διόρθωση της ανωτέρω εικόνας και η οποία χρησιμοποιείται ως υπόβαθρο αναφοράς



Εικόνα 90 Το παράθυρο επιλογής παρουσίασης στατιστικού ελέγχου και αποθήκευσης των σημείων επίγειου ελέγχου μετά την επιλογή τους

4.2.4 Λόγοι – Σύνθετος λόγος NDVI (δείκτης βλάστησης)

Οι Δορυφορικές Εικόνες (ΔΕ), οι οποίες έχουν υποστεί γεωμετρική διόρθωση, είναι κατάλληλες για το στάδιο της ανάλυσης, κατά το οποίο συντελείται η ουσιαστική εκμετάλλευση αυτών για την εξαγωγή συμπερασμάτων, αναλόγως του σκοπού της εργασίας. Στο γνωστικό πεδίο της Τηλεπισκόπησης, η ανάλυση των πολυφασματικών ΔΕ αφορά την εφαρμογή μιας σειράς τηλεπισκοπικών μεθόδων, με τις οποίες ο μελετητής δύναται να οδηγηθεί στην εξαγωγή των απαραίτητων πληροφοριών, από τις δορυφορικές απεικονίσεις, αναλόγως του επιδιωκόμενου σκοπού. Είναι λοιπόν εμφανές, ότι η εφαρμογή της κάθε μεθόδου εξαρτάται πρωτίστως από τον στόχο της εκάστοτε εργασίας και ότι διαφορετικές μέθοδοι μπορούν να εφαρμοστούν για να καλύψουν ένα μεγάλο πεδίο εφαρμογών της Τηλεπισκόπησης.

Μερικές από τις κυριότερες και πιο συχνά χρησιμοποιούμενες τηλεπισκοπικές τεχνικές είναι η δημιουργία έγχρωμων σύνθετων, από τα κανάλια του δέκτη και η απεικόνισή τους στην οθόνη του Η/Υ είτε μέσω τις τριχρωμίας Red-Green-Blue, είτε με τη χρήση διάφορων χρωματικών παλετών για οπτική φωτοερμηνεία, η εφαρμογή φίλτρων (κλίσεων, μη γραμμικά κτλ) για ενίσχυση διάφορων θεματικών ενοτήτων όπως πχ όρια καλλιεργείων, η δημιουργία απλών και σύνθετων λόγων καναλιών όπως ο δείκτης βλάστησης NDVI, η εφαρμογή επιβλεπόμενης ή μη επιβλεπόμενης ταξινομήσης για ημιαυτόματη αναγνώριση φασματικών τάξεων στην εικόνα, η μελέτη των ιστογραμμάτων και των στατιστικών αυτής για προσδιορισμό της φασματικής συμπεριφοράς των απεικονιζόμενων οντοτήτων κ.α.

Στην παρούσα μελέτη εφαρμόστηκε, όπως έχει προαναφερθεί, η τεχνική της μεθόδου των λόγων – δεικτών βλάστησης NDVI και παράλληλα η τεχνική της μεθόδου των ιστογραμμάτων, για την εξαγωγή συμπερασμάτων ανάλογα με την διαχρονική φασματική συμπεριφορά της επίδικης έκτασης, η οποία διαφοροποιείται σε σχέση με την εκάστοτε κάλυψη γης αυτής.

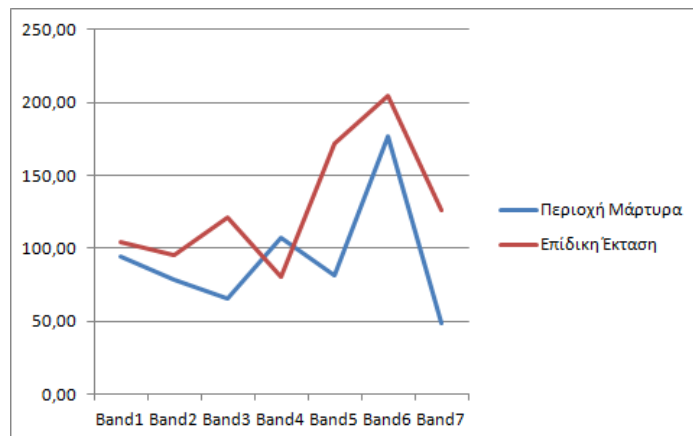
Οι λόγοι καναλιών είναι ενισχύσεις, οι οποίες προκύπτουν από τη διαίρεση των ψηφιακών τιμών σ' ένα φασματικό κανάλι, με τις αντίστοιχες τιμές σ' ένα άλλο κανάλι. Οι λόγοι είναι μία από τις πιο χρήσιμες μαθηματικές πράξεις που μπορούν να εφαρμοστούν σε ψηφιακές εικόνες, δεδομένου ότι μειώνουν σε ένα βαθμό την επίδραση του ανάγλυφου και των σκιάσεων (ατμοσφαιρική διάχυση) στις προκύπτουσες εικόνες. Ένα κύριο πλεονέκτημα των εικόνων - λόγων είναι ότι αναδεικνύουν τα φασματικά χαρακτηριστικά των διαφόρων στοιχείων της εικόνας, ανεξάρτητα από την έκταση των συνθηκών φωτισμού της περιοχής κατόπτευσης.

Οι εικόνες-λόγοι συχνά είναι χρήσιμοι για τη διάκριση μικρών φασματικών διαφορών μίας περιοχής κατόπτευσης, οι οποίες συγκαλύπτονται (ομογενοποιούνται) από τη διακύμανση των τιμών φωτεινότητας σε εικόνες μεμονωμένων φασματικών καναλιών, ή στα συνηθισμένα έγχρωμα σύνθετα. Αυτή η βελτιωμένη διάκριση οφείλεται στο γεγονός ότι οι εικόνες - λόγοι σαφώς απεικονίζουν τις διακυμάνσεις στις κλίσεις των καμπυλών φασματικής ανακλαστικότητας μεταξύ των δύο καναλιών, ανεξαρτήτως των απόλυτων τιμών ανακλαστικότητας που παρατηρούνται στα κανάλια. Αυτές οι κλίσεις τυπικά, είναι αρκετά διαφορετικές για διαφορετικά είδη υλικών σε ορισμένα κανάλια. Για παράδειγμα, ο λόγος του εγγύς υπέρυθρου προς το κόκκινο, για την υγιή βλάστηση είναι συνήθως πολύ υψηλός, ενώ για τις καταστάσεις της βλάστησης υπό κάμψη είναι

τυπικά χαμηλότερος, καθώς η υπέρυθη ανακλαστικότητα μειώνεται, ενώ η κόκκινη ανακλαστικότητα αυξάνεται. Μία εικόνα-λόγος του εγγύς υπέρυθρου προς το κόκκινο, ή του κόκκινου προς το εγγύς υπέρυθρο κανάλι, μπορεί να είναι πολύ χρήσιμη για τη διαφοροποίηση μεταξύ των περιοχών υγιούς και της υπό κάμψη βλάστησης. Αυτού του είδους ο λόγος έχει επίσης χρησιμοποιηθεί εκτεταμένα ως δείκτης βλάστησης, με σκοπό τη σχετική ποσοτικοποίηση της πράσινης βλάστησης και της βιομάζας.

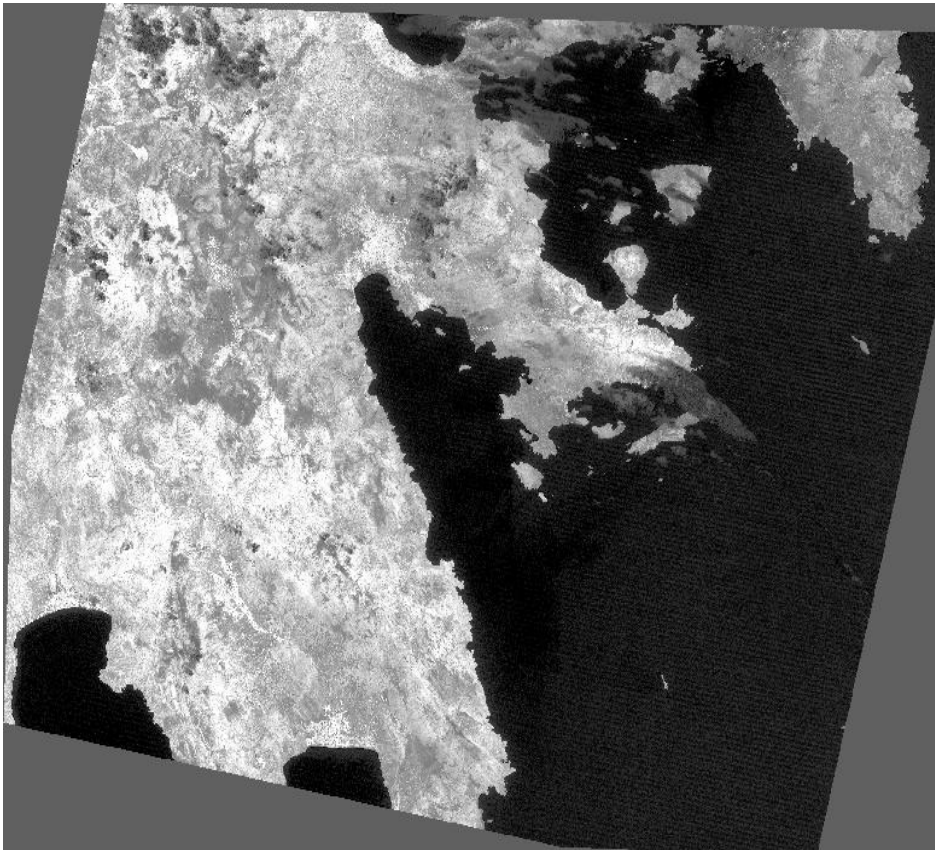
Οι λόγοι μεταξύ των καναλιών ενός πολυφασματικού δέκτη, όπως ο Landsat TM, είναι μαθηματικές πράξεις οι οποίες αφορούν τη διαίρεση των τιμών της καταγεγραμμένης στην εικόνα έντασης της ακτινοβολίας μεταξύ δυο (απλός λόγος) ή και περισσότερων καναλιών (σύνθετος λόγος). Η διαφορά της έντασης με την οποία αντανακλά κάθε αντικείμενο σε κάθε κανάλι είναι αυτό ακριβώς το χαρακτηριστικό το οποίο εκμεταλλεύεται και τελικώς το αναδεικνύει από το περιβάλλον του.

Η μεθοδολογία που ακολουθείται, αφορά την αναζήτηση δύο καναλιών (για την περίπτωση του απλού λόγου) στα οποία το αντικείμενο ενδιαφέροντος και το περιβάλλον του παρουσιάζουν αντίθετη συμπεριφορά, ως προς την αντανακλαστικότητα. Στην συνέχεια προγραμματίζεται ο λόγος μεταξύ των καναλιών και το αποτέλεσμα είναι η διακριτοποίηση του αντικειμένου ενδιαφέροντος. Για την εξέταση της φασματικής συμπεριφοράς των διαφόρων οντοτήτων, πρέπει πρώτα να κατασκευαστεί ένα διάγραμμα ανακλαστικότητας για όλες τις υπό μελέτη οντότητες της περιοχής μελέτης.

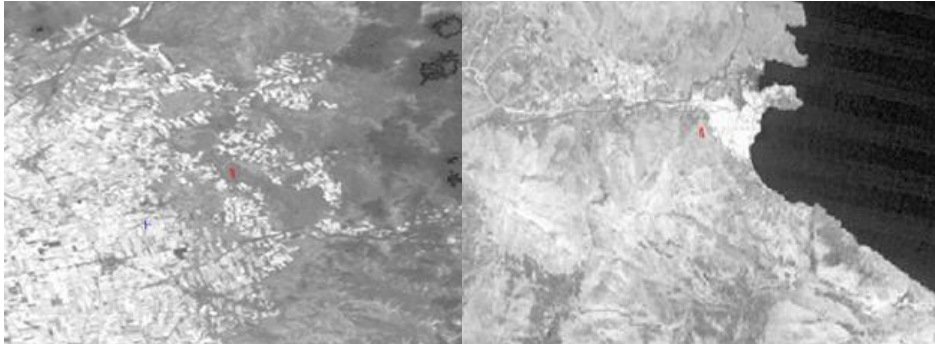


Εικόνα 91 Διάγραμμα τιμών ανακλαστικότητας σε κάθε ένα από τα κανάλια του θεματικού χαρτογράφου αναφερόμενο στην εικόνα Landsat_19-05-1985

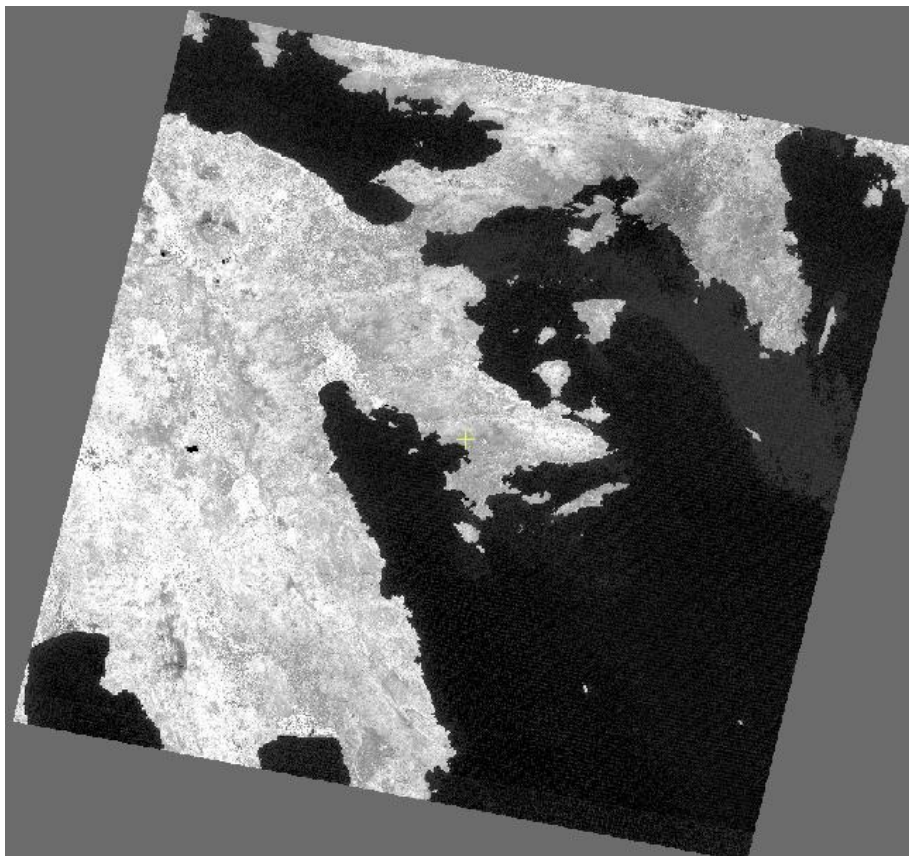
Όπως γνωρίζουμε, η υγιής βλάστηση ανακλά πολύ στο εγγύς υπέρυθρο (κανάλι 4) και λιγότερο στο κανάλι 3 του θεματικού χαρτογράφου Landsat TM (κόκκινο κανάλι). Ο λόγος του εγγύς υπέρυθρου προς το κόκκινο είναι γνωστός με τον όρο «δείκτης βλάστησης». Ο κανονικοποιημένος δείκτης βλάστησης : $(4-3)/(4+3)$ τον οποίο εφαρμόζουμε είναι ευρέως γνωστός ως NDVI και επιφέρει ακόμα καλύτερα αποτελέσματα. Στην παραγόμενη εικόνα – λόγω παρατηρούμε ότι με ανοικτούς τόνους του γκρι τονίζεται το υγιές πράσινο, καθώς ανακλά πολύ στο εγγύς υπέρυθρο κανάλι. Τα αποτελέσματα των εικόνων – λόγων, για όλες τις χρησιμοποιούμενες δορυφορικές απεικονίσεις, φαίνονται στη συνέχεια:



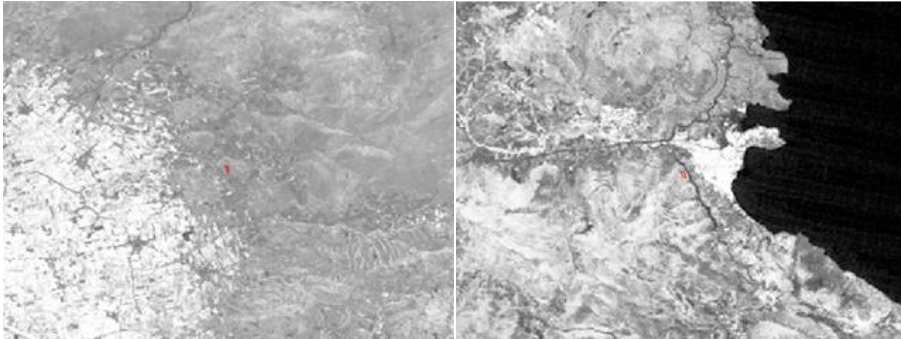
Εικόνα 92 Landsat_4-8-84 μετά από χρήση NDVI



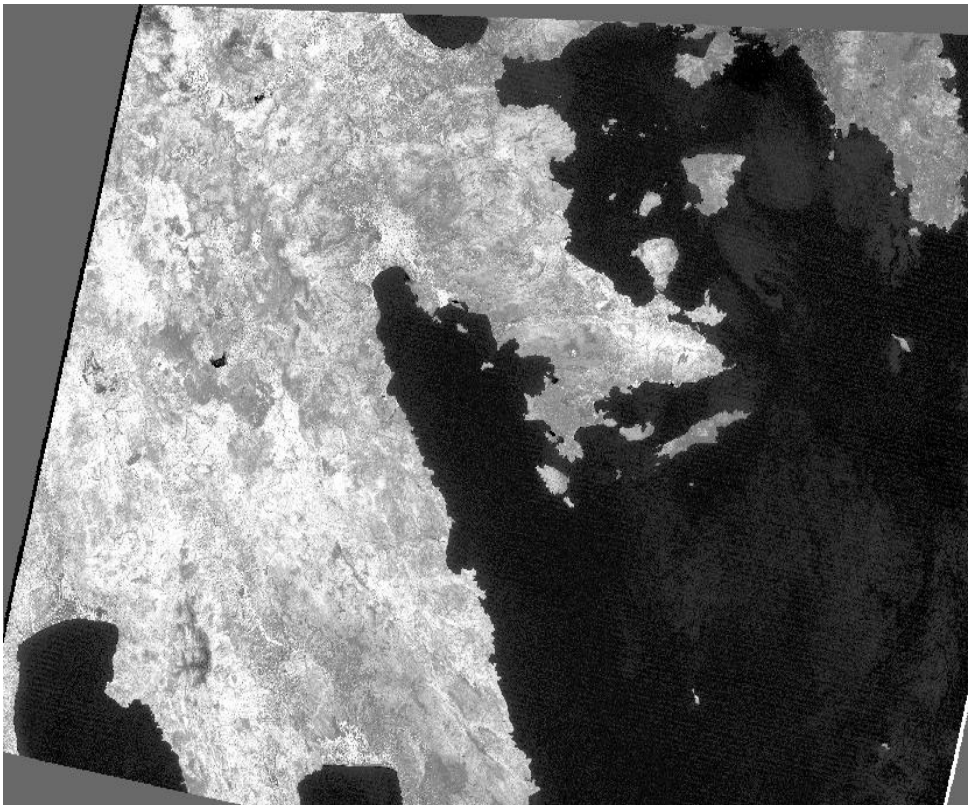
Εικόνα 93 Αποψη περιοχής επίδικης έκτασης (αριστερά), περιοχής μάρτυρα (δεξιά) στην εικόνα Landsat 4-8-84 μετά από χρήση NDVI



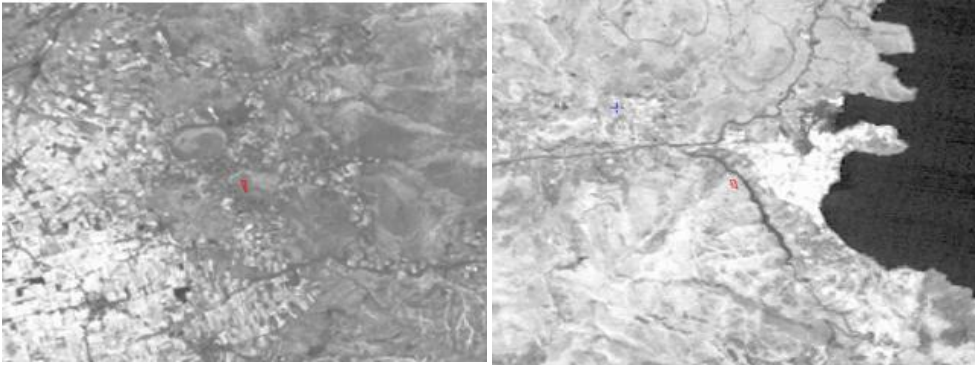
Εικόνα 94 Landsat_19-5-85 μετά από χρήση NDVI



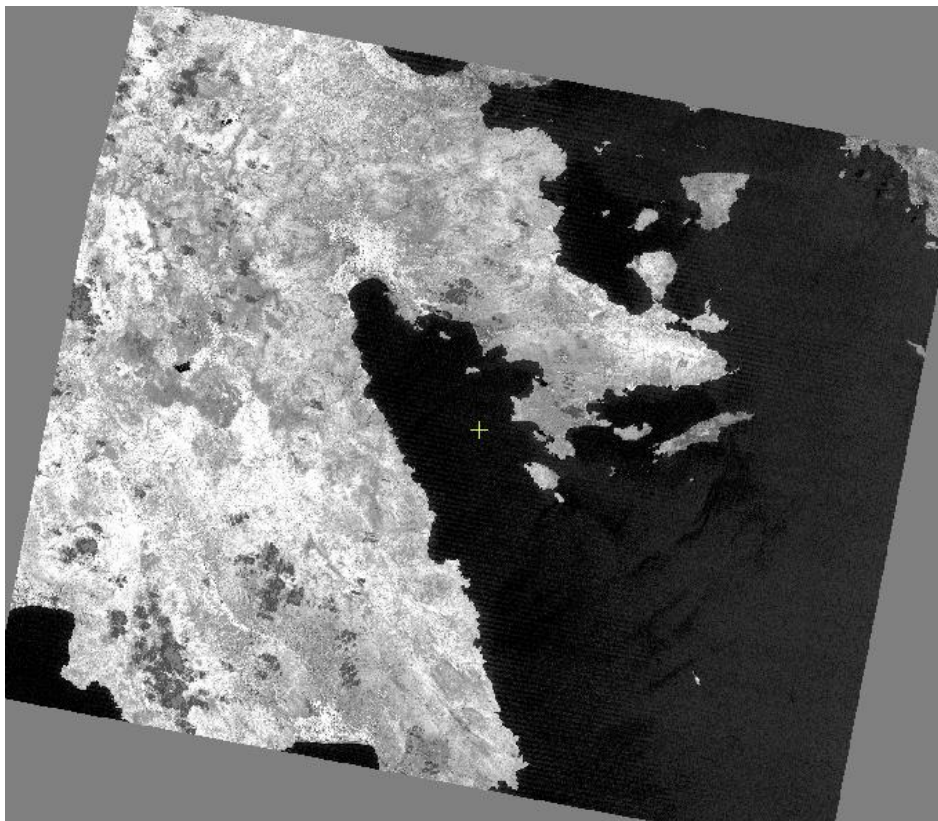
Εικόνα 95 Άποψη περιοχής επίδικης έκτασης (αριστερά), περιοχής μάρτυρα (δεξιά) στην εικόνα Landsat_19-5-85 μετά από χρήση NDVI



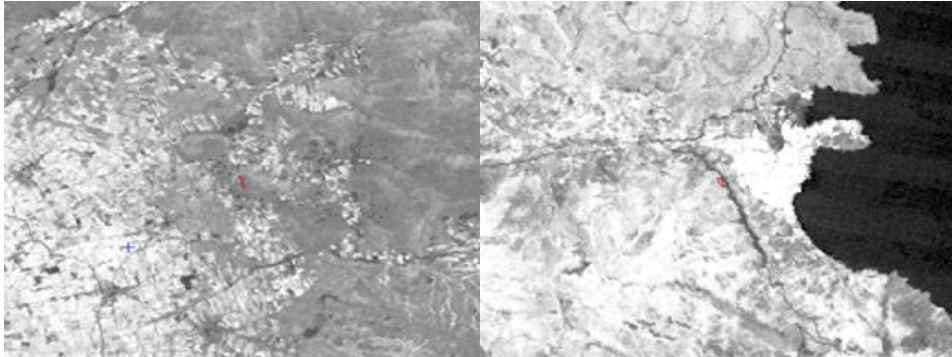
Εικόνα 96 Landsat_10-6-87 μετά από χρήση NDVI



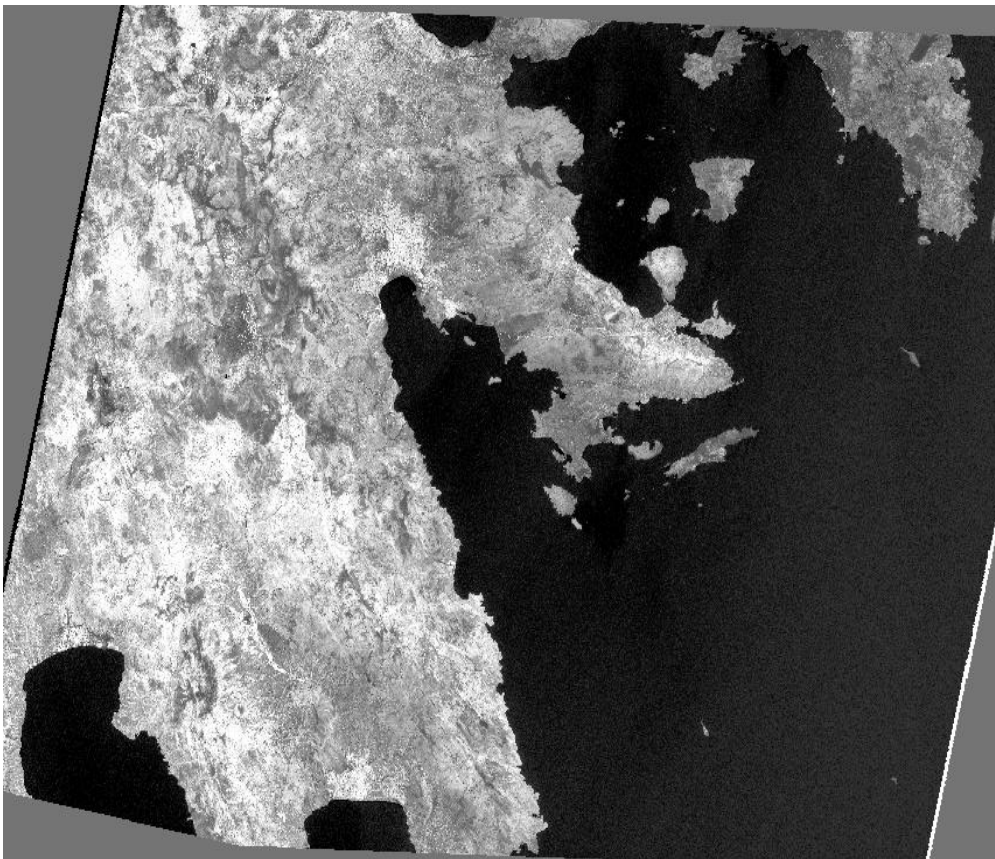
Εικόνα 97 Άποψη περιοχής επίδικης έκτασης (αριστερά), περιοχής μάρτυρα (δεξιά) στην εικόνα Landsat_10-6-87 μετά από χρήση NDVI



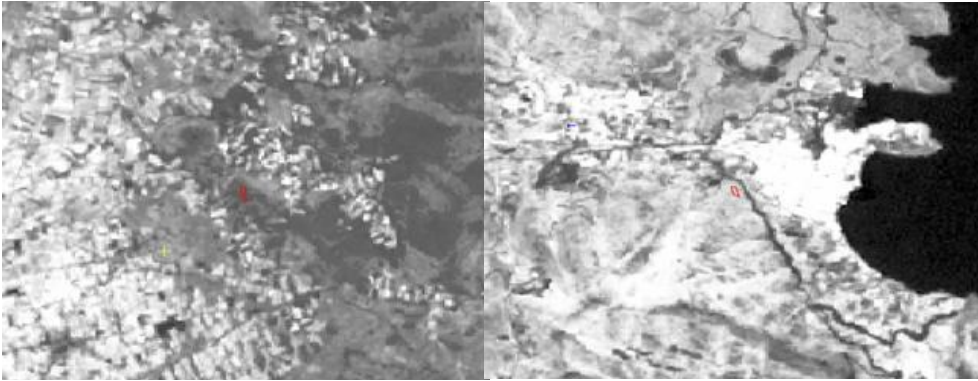
Εικόνα 98 Landsat_26-6-87 μετά από χρήση NDVI



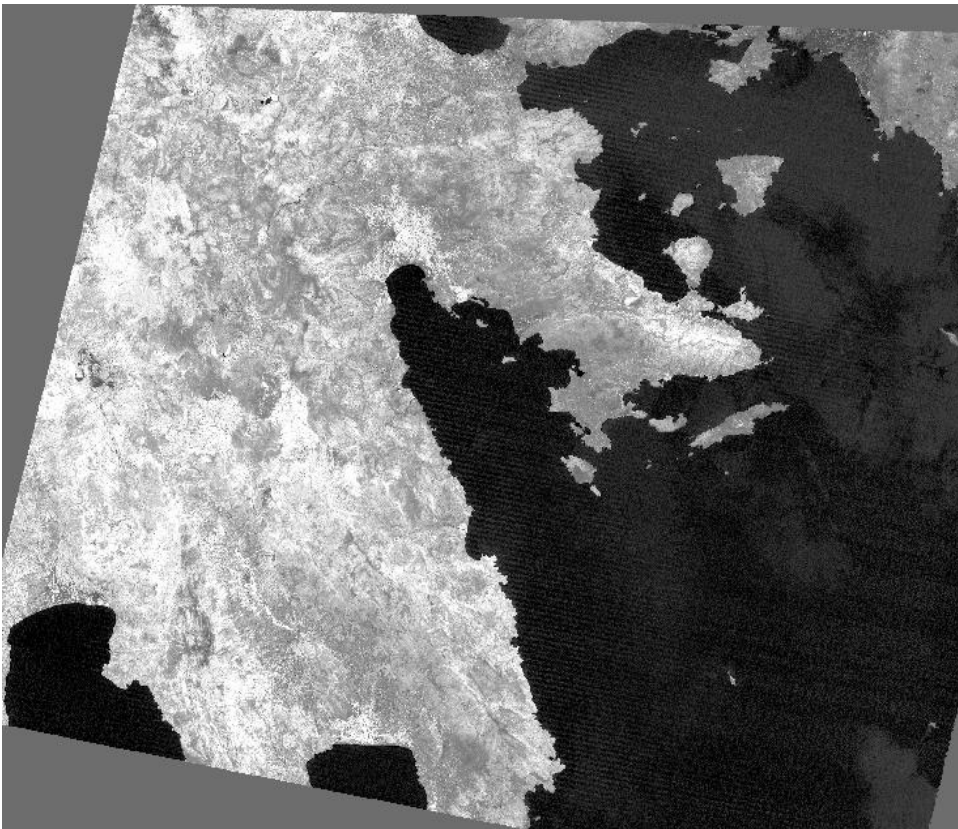
Εικόνα 99 Άποψη περιοχής επίδικης έκτασης (αριστερά), περιοχής μάρτυρα (δεξιά) στην εικόνα Landsat_26-6-87 μετά από χρήση NDVI



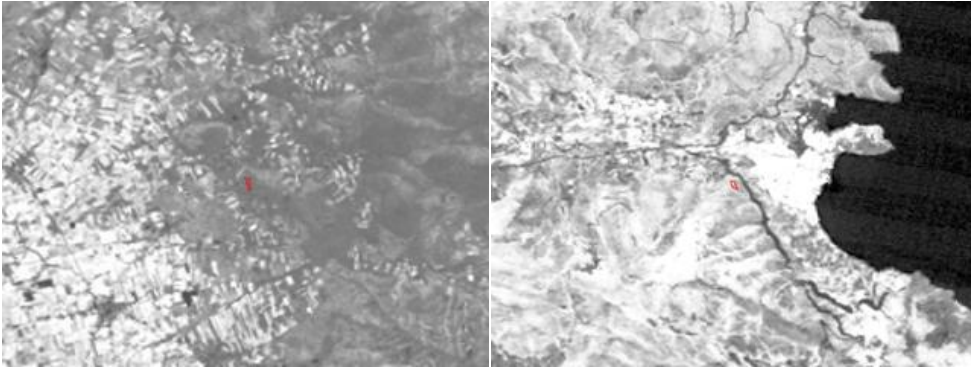
Εικόνα 100 Landsat_6-8-90 μετά από χρήση NDVI



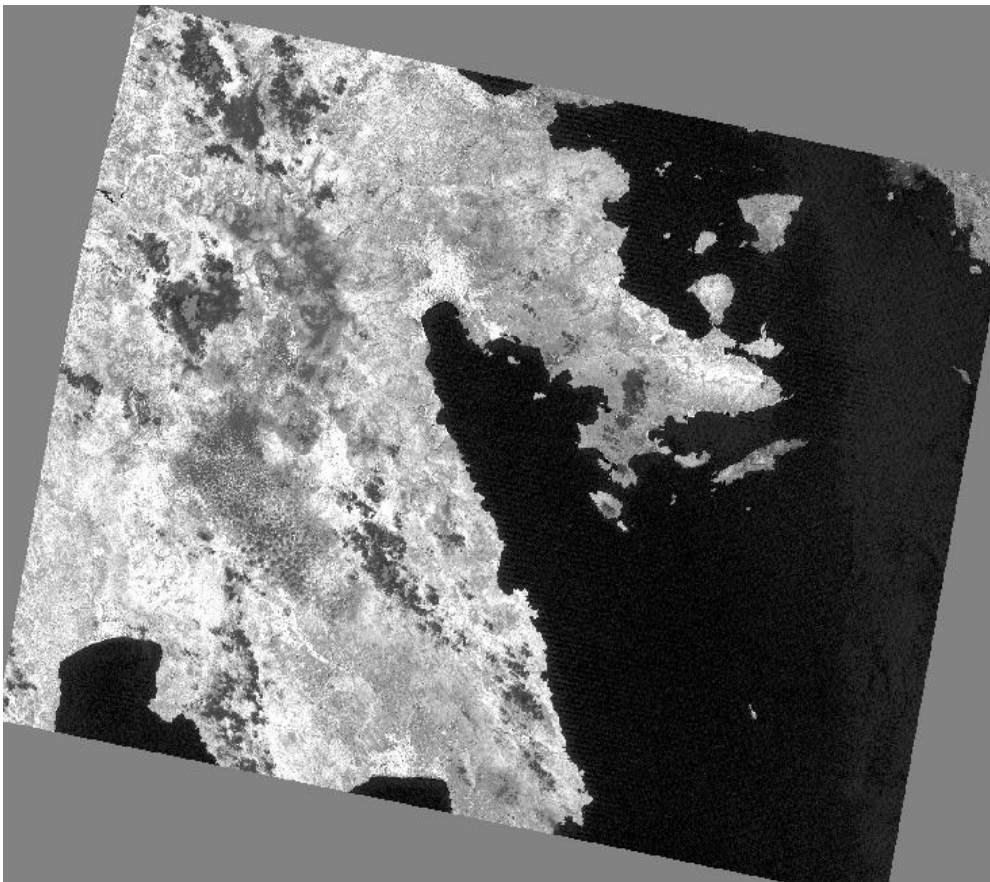
Εικόνα 101 Αποψη περιοχής επίδικης έκτασης (αριστερά), περιοχής μάρτυρα (δεξιά) στην εικόνα Landsat_6-8-90 μετά από χρήση NDVI



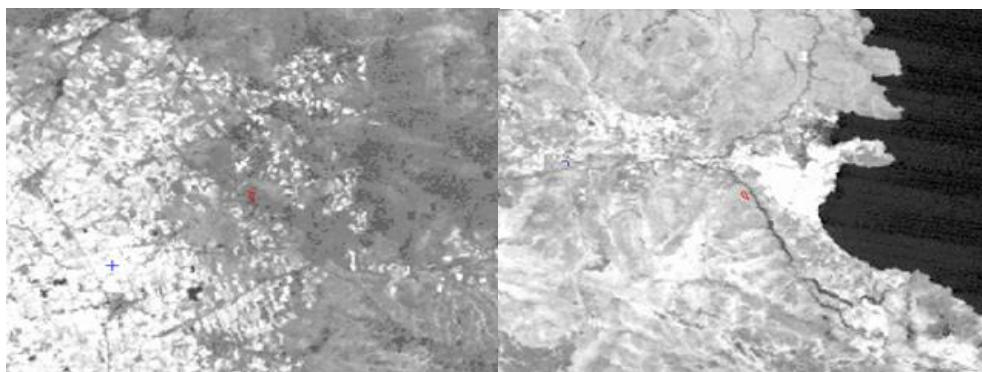
Εικόνα 102 Landsat_21-6-91 μετά από χρήση NDVI



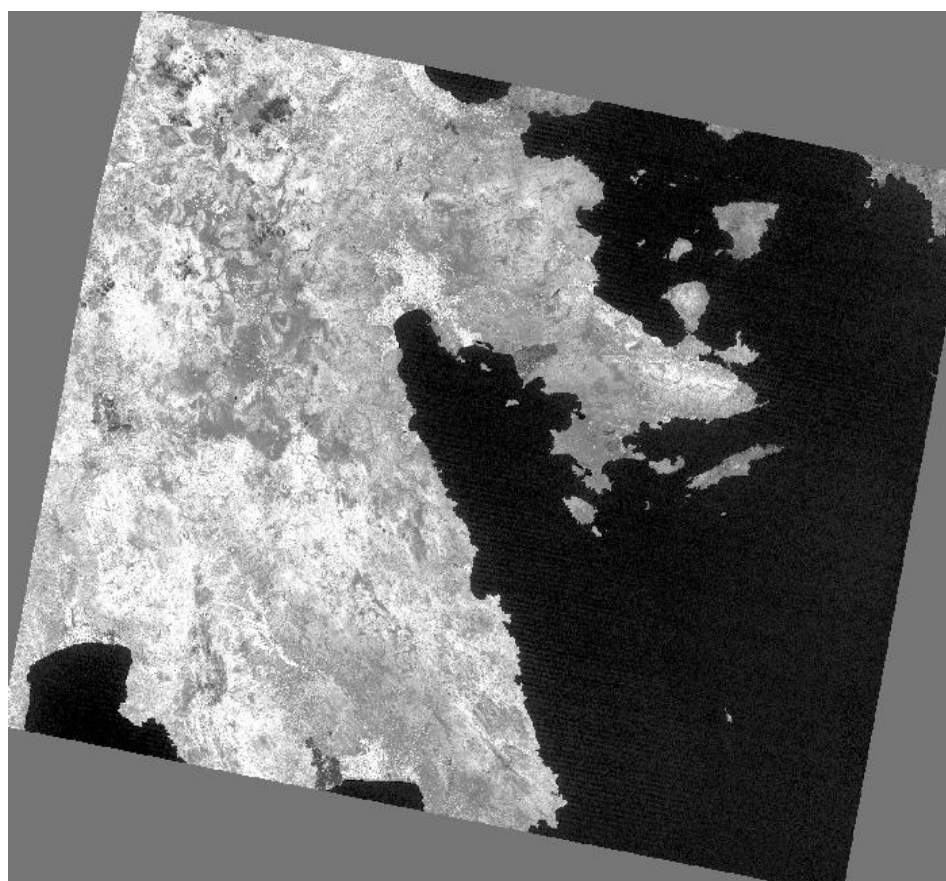
Εικόνα 103 Αποψη περιοχής επίδικης έκτασης (αριστερά), περιοχής μάρτυρα (δεξιά) στην εικόνα Landsat_21-6-91 μετά από χρήση NDVI



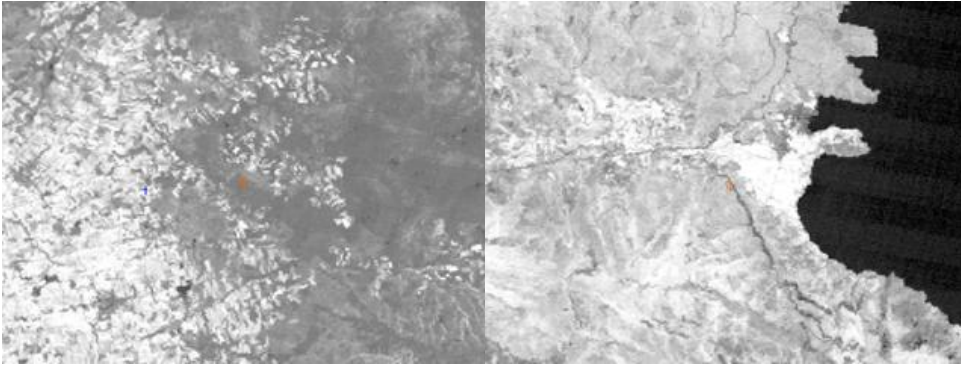
Εικόνα 104 Landsat_16-8-91 μετά από χρήση NDVI



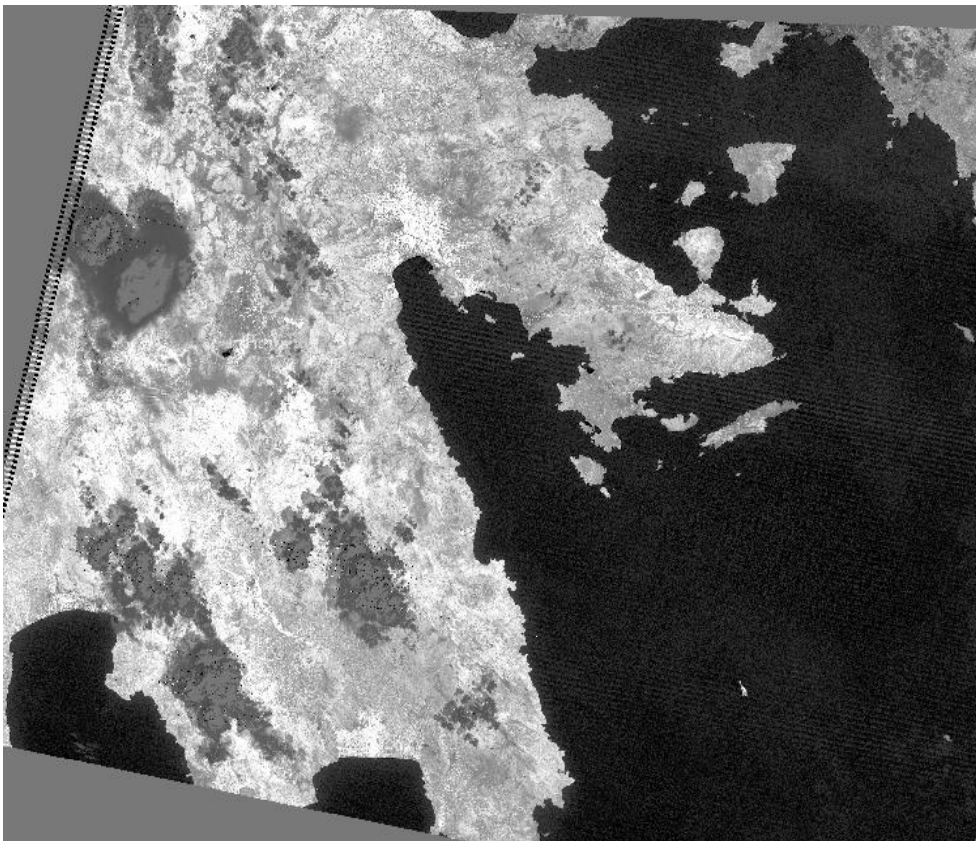
Εικόνα 105 Άποψη περιοχής επίδικης έκτασης (αριστερά), περιοχής μάρτορα (δεξιά) στην εικόνα Landsat_16-8-91 μετά από χρήση NDVI



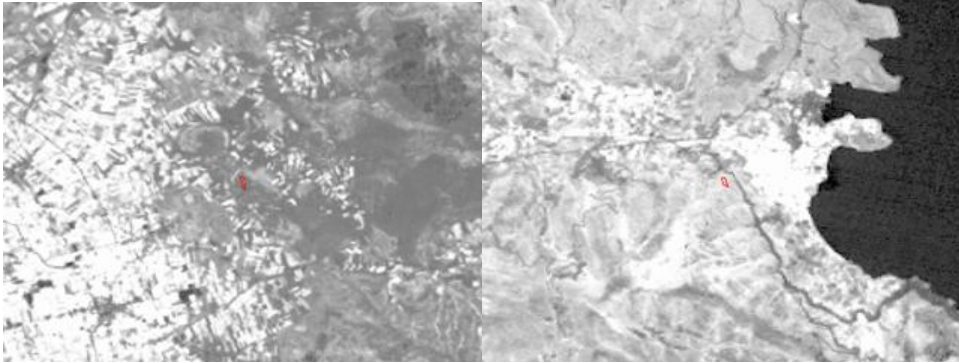
Εικόνα 106 Landsat_26-6-92 μετά από χρήση NDVI



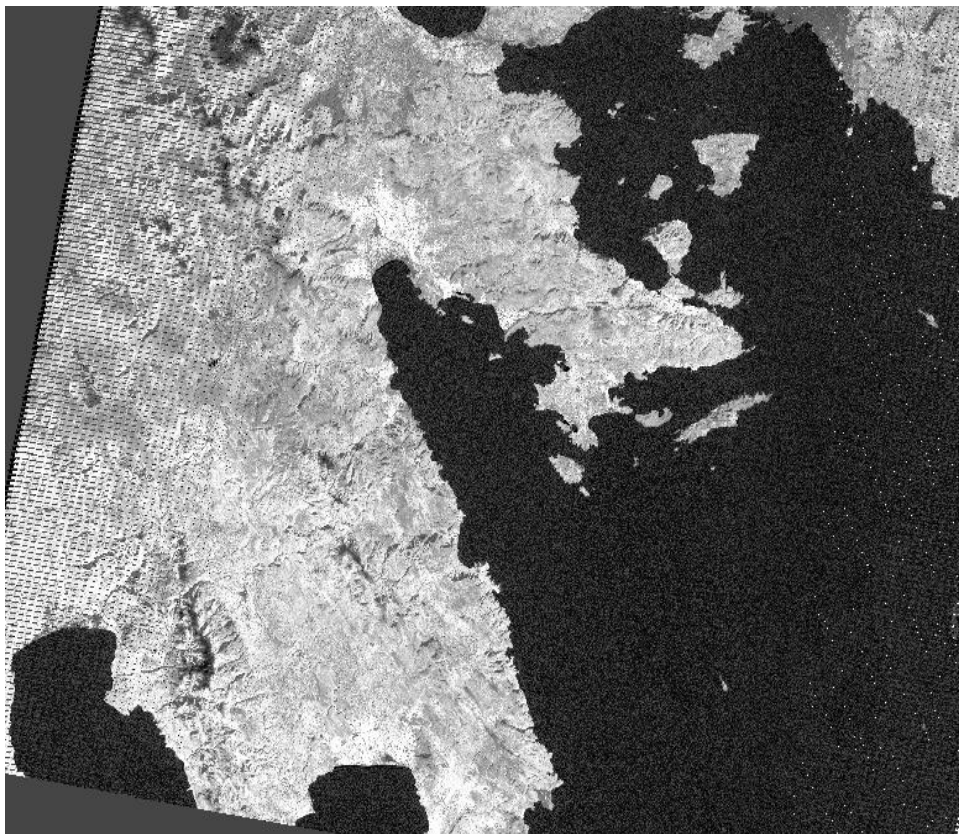
Εικόνα 107 Αποψη περιοχής επίδικης έκτασης (αριστερά), περιοχής μάρτυρα (δεξιά) στην εικόνα Landsat_26-6-92 μετά από χρήση NDVI



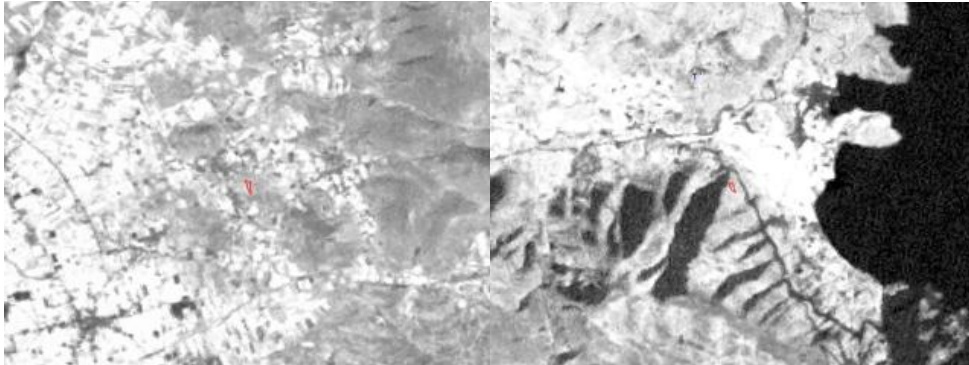
Εικόνα 108 Landsat_25-8-03 μετά από χρήση NDVI



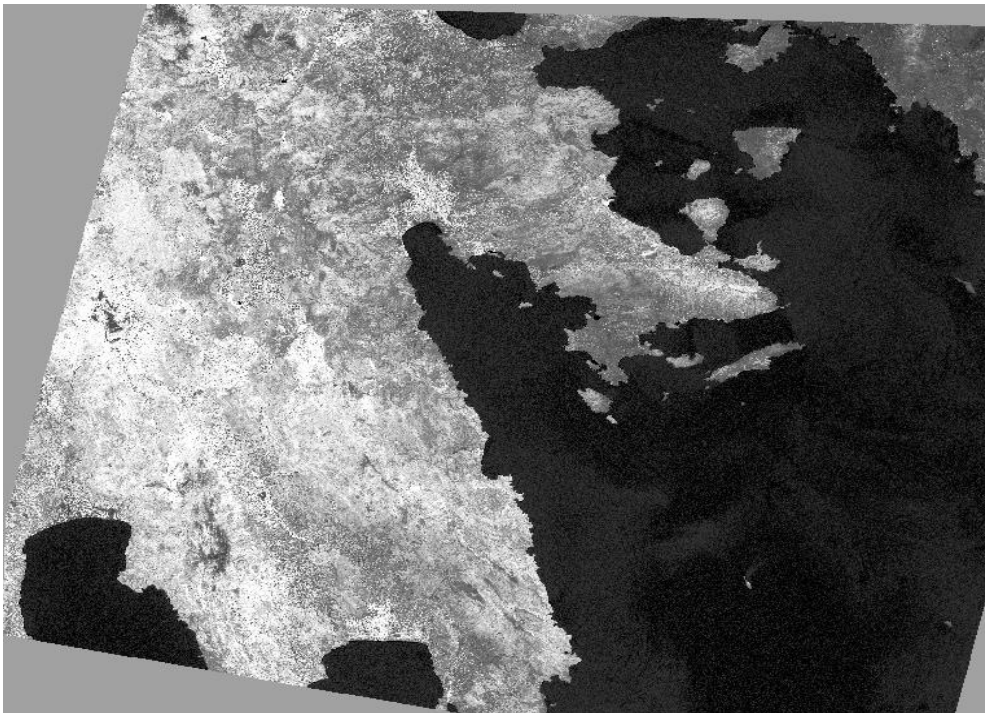
Εικόνα 109 Άποψη περιοχής επίδικης έκτασης (αριστερά), περιοχής μάρτυρα (δεξιά) στην εικόνα Landsat_25-8-03 μετά από χρήση NDVI



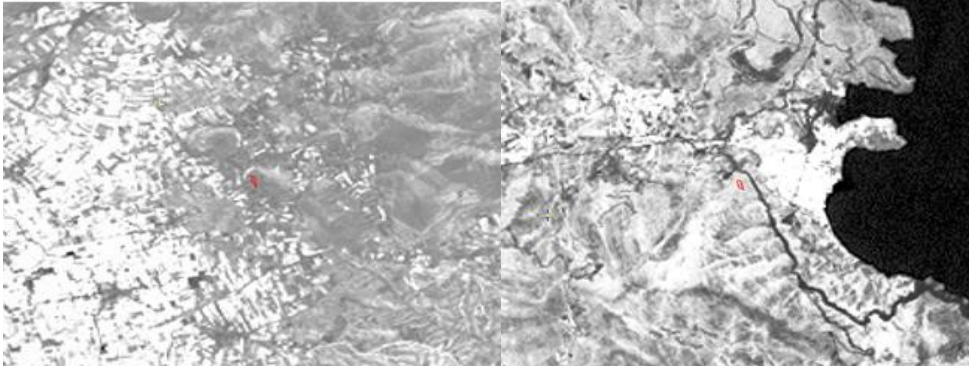
Εικόνα 110 Landsat_10-1-05 μετά από χρήση NDVI



Εικόνα 111 Άποψη περιοχής επίδικης έκτασης (αριστερά), περιοχής μάρτυρα (δεξιά) στην εικόνα Landsat_10-1-05 μετά από χρήση NDVI



Εικόνα 112 Landsat_20-5-05 μετά από χρήση NDVI



Εικόνα 113 Αποψη περιοχής επίδικης έκτασης (αριστερά), περιοχής μάρτυρα (δεξιά) στην εικόνα Landsat_20-5-05 μετά από χρήση NDVI

Με αυτόν τον τρόπο αναδεικνύεται πολύ καλά ο διαχωρισμός των εκτάσεων με βλάστηση σε σχέση με τις εκτάσεις χέρσων τμημάτων κατά την περίοδο 1984 – 2005. Συγκεκριμένα, με λευκότερους τόνους φαίνεται η υγιής βλάστηση, ενώ με σκούρους τόνους του γκρι απεικονίζονται τα χέρσα τμήματα (γυμνό έδαφος).

4.2.5 Μέθοδος των ιστογραμμάτων

Το ιστόγραμμα είναι ένα στατιστικό μέτρο για την απεικόνιση των διαφορετικών χρωματικών τόνων μιας εικόνας. Γενικά περιέχει σημαντικές πληροφορίες για το περιεχόμενο μιας ψηφιακής εικόνας και μπορεί να παρασταθεί γραφικά. Ουσιαστικά, πρόκειται για ένα γράφημα, το οποίο απεικονίζει την κατανομή των εικονοστοιχείων (pixels) μιας εικόνας στο δυνατό εύρος τιμών τις οποίες δύνανται να λάβουν. Ως τιμή που λαμβάνει το κάθε εικονοστοιχείο, νοείται ένας αριθμός, ο οποίος αντιπροσωπεύει την ένταση της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας (λόγω της πρόσπτωσης της ηλιακής ακτινοβολίας) η οποία ανακλάται και καταγράφεται σε κάθε στοιχειώδες τμήμα του αισθητήρα (CCD) του δέκτη κατά τη στιγμή της έκθεσης. Το σύνολο των στοιχειωδών τμημάτων του αισθητήρα, ουσιαστικά είναι το σύνολο των εικονοστοιχείων τα οποία συνθέτουν την ψηφιακή εικόνα. Ως αποτέλεσμα, η κάθε ψηφιακή εικόνα αποτελείται από ένα σύνολο τιμών οι οποίες είναι κανονικά διατεταγμένες σε ένα μαθηματικό πίνακα, γεγονός που επιτρέπει την μαθηματική επεξεργασία αυτών σε συστήματα H/Y.

Το εύρος των τιμών σε μία εικόνα, εξαρτάται από την ίδια τη φύση αυτής. Έτσι σε εικόνες 8-bit (όπως είναι οι πολυφασματικές εικόνες Landsat TM) οι δυνατές αυτές τιμές είναι $N=2^8=256$. Ως αποτέλεσμα, στις συγκεκριμένες εικόνες, όλες οι οντότητες απεικονίζονται με 256 διαφορετικούς τόνους του γκρι, σε μία κλίμακα από 0 έως 255, όπου το 0 αντιπροσωπεύει το μαύρο και το 255 το λευκό.

Αφού όμως μετατρέψουμε τις πολυφασματικές εικόνες Landsat TM σε 32 bit (καθώς αυτό απαιτεί η χρήση των λόγων βλάστησης NDVI) οι τιμές των ιστογραμμάτων κλιμακώνονται σε ένα ψηφιακό μέγεθος 64K λόγω των περιορισμών τις μνήμης για τα 32 bit real δεδομένα. Ως εκ τούτου, οι στατιστικές για αυτά τα δεδομένα είναι μόνο κατά προσέγγιση.

Στον Χ-άξονα του ιστογράμματος μιας ψηφιακής εικόνας, παρουσιάζεται το εύρος των τιμών αυτής και στον Υ-άξονα ο αριθμός των εικονοστοιχείων που την αποτελούν. Το ιστόγραμμα είναι το γράφημα το οποίο δείχνει τον αριθμό των εικονοστοιχείων τα οποία παίρνουν κάθε τιμή.

Με μία πρώτη ματιά, κανείς μπορεί να εξάγει αρκετά συμπεράσματα για την εικόνα, από την μορφή του ιστογράμματος. Για παράδειγμα, εάν όλο το γράφημα, το οποίο αντιπροσωπεύει το ιστόγραμμα, είναι μετατοπισμένο και συγκεντρωμένο στις μικρές τιμές του άξονα Χ, αναμένουμε μια σκοτεινή εικόνα με γενικά σκούρους τόνους. Το εύρος των τιμών το οποίο καταλαμβάνουν τα εικονοστοιχεία της εικόνας αφορά την αντίθεση (contrast) αυτής, μέτρο πολύ σημαντικό για την διακριτοποίηση των διαφόρων απεικονιζόμενων οντοτήτων.

Το ιστόγραμμα μιας ψηφιακής εικόνας, δύναται να μεταβάλλεται με την χρήση διαφόρων μαθηματικών μετασχηματισμών, όπως είναι η ισοδυναμοποίηση, η γραμμική επέκταση κ.α. Μεταβολή του ιστογράμματος οδηγεί σε αλλαγή της κατανομής των τιμών των εικονοστοιχείων κατά το επιθυμητό, γεγονός που οδηγεί σε αύξηση της ποιότητας της απεικόνισης και δίνει τη δυνατότητα στον άνθρωπο-ερμηνευτή να διαχωρίζει με σαφήνεια τα απεικονιζόμενα αντικείμενα και θεματικές ενότητες.

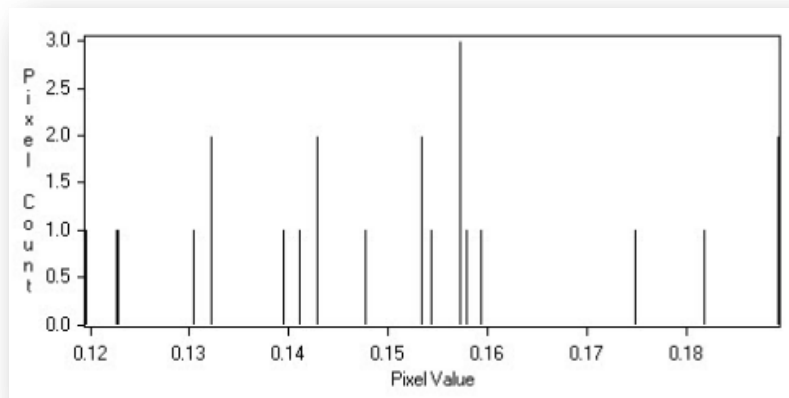
Η φύση της ψηφιακής εικόνας, η οποία στην ουσία είναι ένα σύνολο από αριθμητικές τιμές σε μορφή μαθηματικού πίνακα, δίνει τη δυνατότητα για τον υπολογισμό και εξαγωγή στατιστικών δεδομένων. Τα στατιστικά αυτά, τα οποία υπολογίζονται από το εκάστοτε χρησιμοποιούμενο λογισμικό, περιλαμβάνουν τον μέσο όρο των ψηφιακών τιμών στην εικόνα, την ενδιάμεση τιμή, καθώς και την μέγιστη και ελάχιστη αυτή. Παράλληλα, υπάρχει η δυνατότητα εξαγωγής των

συγκεκριμένων στατιστικών όχι για όλη την εικόνα, αλλά μόνο για κάποια περιοχή αυτής η οποία μπορεί να οριστεί στο χρησιμοποιούμενο λογισμικό, με τη χρήση ενός πολυγώνου το οποίο την περιγράφει.

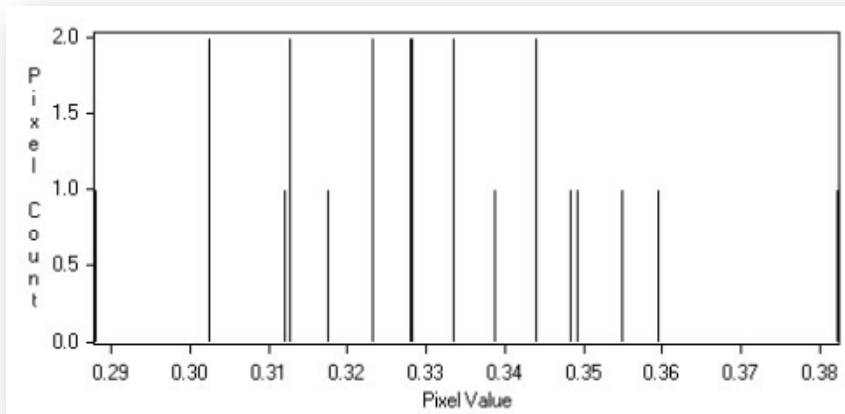
Τα εξαγόμενα αυτά στατιστικά μεγέθη δύνανται να χρησιμοποιηθούν για διαφορετικούς σκοπούς, αναλόγως του επιδιωκόμενου στόχου. Στην παρούσα μελέτη, το μέγεθος το οποίο εξετάζεται, προκειμένου να εφαρμοστεί η μέθοδος των ιστογραμμάτων, είναι ο μαθηματικός μέσος όρος των τιμών των εικονοστοιχείων, στην περιοχή του πολυγώνου επί της εικόνας, το οποίο περιγράφει την εξεταζόμενη επίδικη έκταση. Ο μέσος όρος των τιμών των εικονοστοιχείων, συνιστά την φασματική συμπεριφορά της επίδικης έκτασης, δεδομένου ότι καταδεικνύει την αντανakλαστικότητα αυτής, η οποία δύνανται να μεταβάλλεται ανάλογα την επιφανειακή κάλυψη της περιοχής. Με τον τρόπο αυτό, αναμένονται διαφορετικές τιμές μέσου όρου για το πολύγωνο της επίδικης έκτασης, εάν αυτό καλύπτεται από καλλιέργειες, από αυτές που θα παρουσιάζονταν στην περίπτωση της κάλυψής του από γυμνό έδαφος η ποώδη φυσική βλάστηση.

4.2.5.1 Παραγωγή ιστογραμμάτων στην περιοχή μελέτης έπειτα από την δημιουργία Λόγων – Δεικτών βλάστησης NDVI

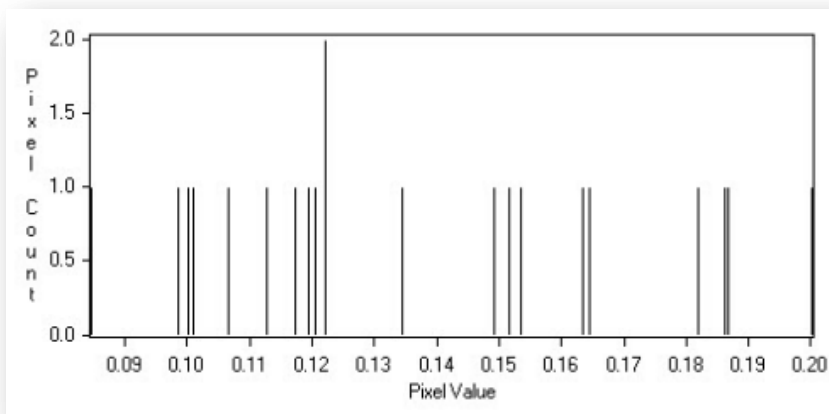
Τα ιστογράμματα, τα οποία εξάγονται από το λογισμικό για την κάθε εικόνα, παρατίθενται στο εξής:



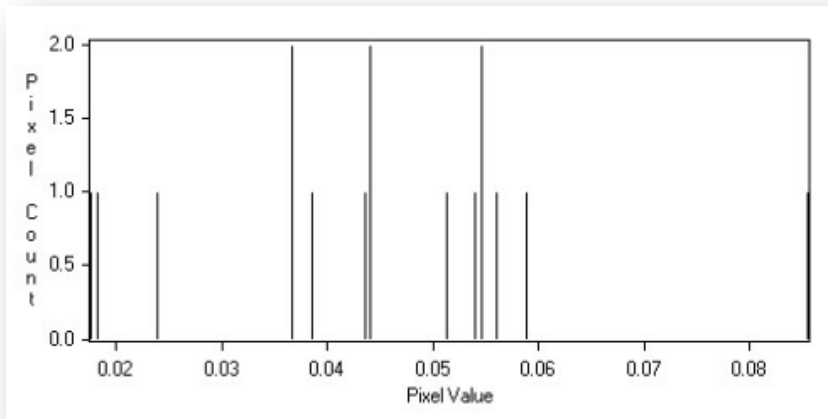
Histogram 1 Landsat_1984_08_04



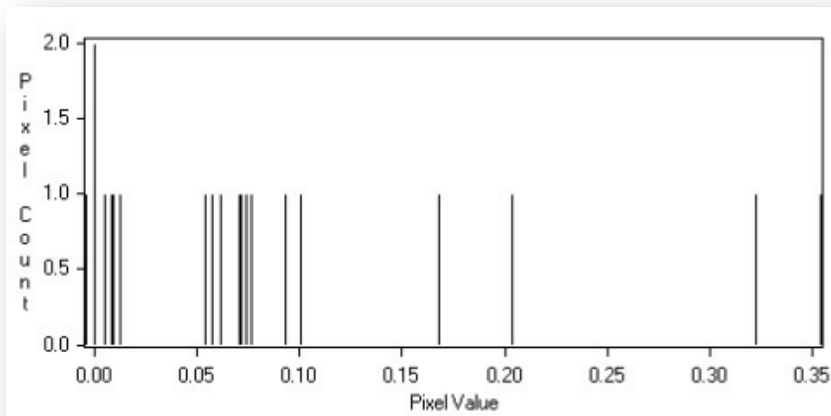
Histogram 2 Landsat_1985_05_19



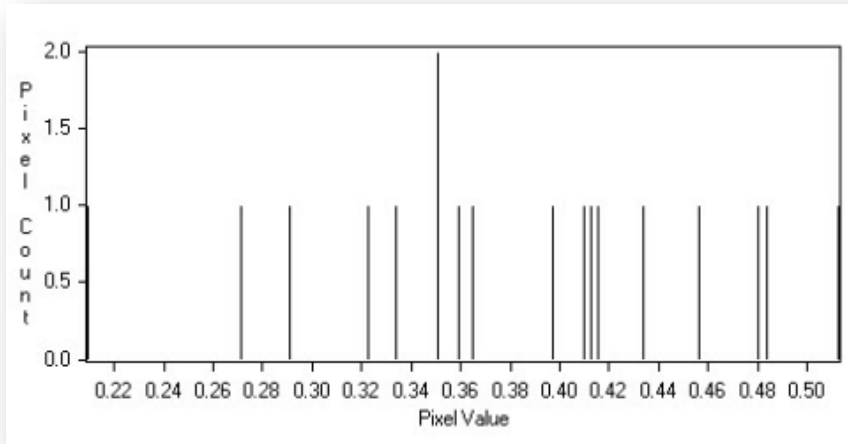
Histogram3 Landsat_1987_6_10



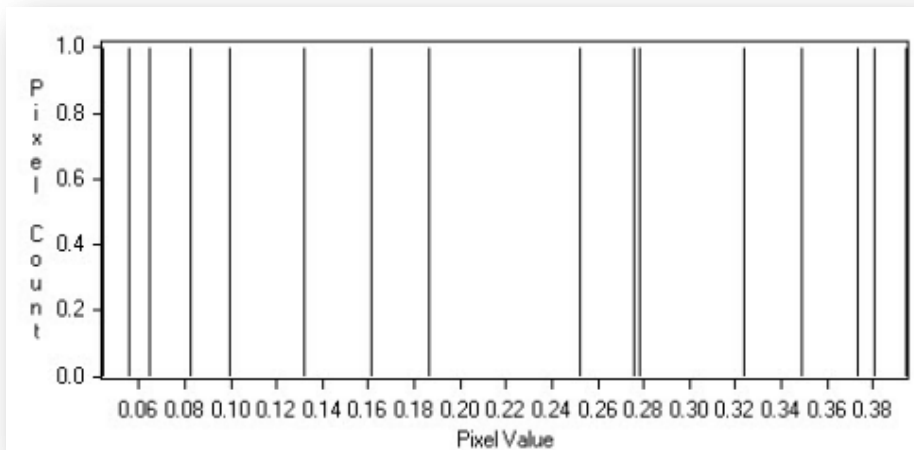
Histogram 4 Landsat_1987_6_26



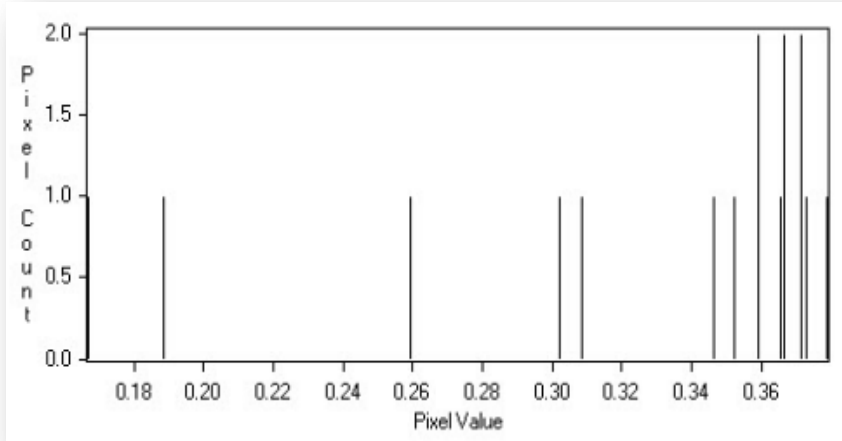
Histogram 5 Landsat_1990_06_08



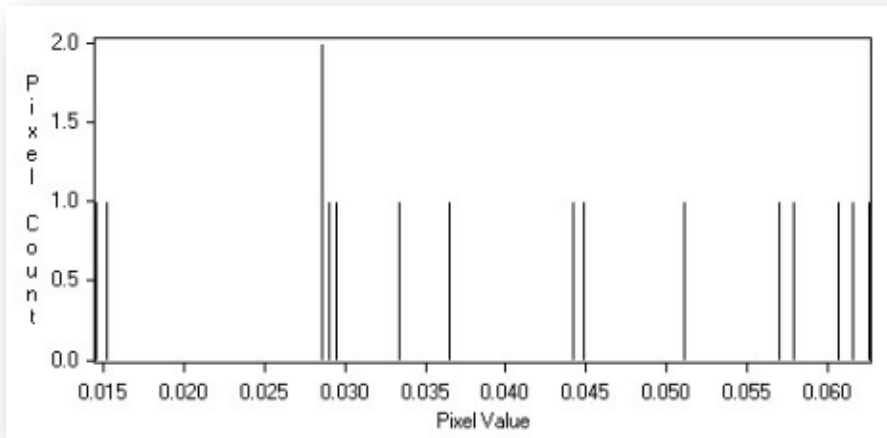
Histogram 6 Landsat_1991_6_21



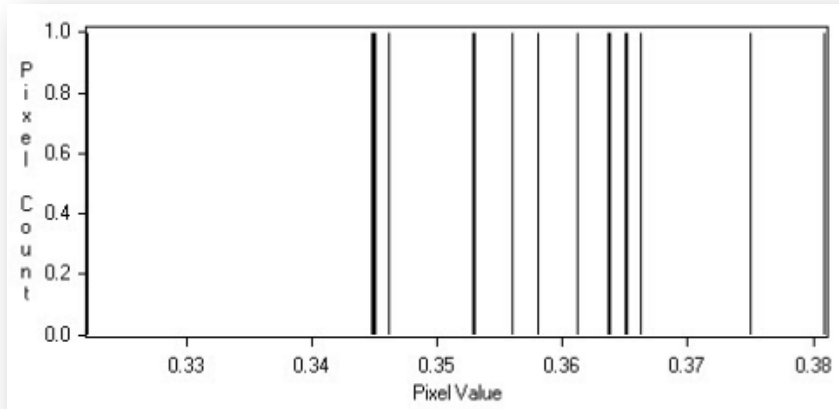
Histogram 7 Landsat_1991_8_16



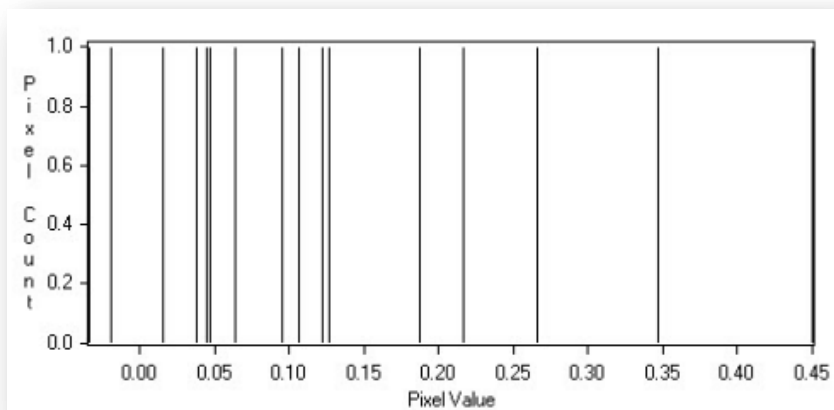
Histogram 8 Landsat_1992_08_26



Histogram 9 Landsat_2003_08_25



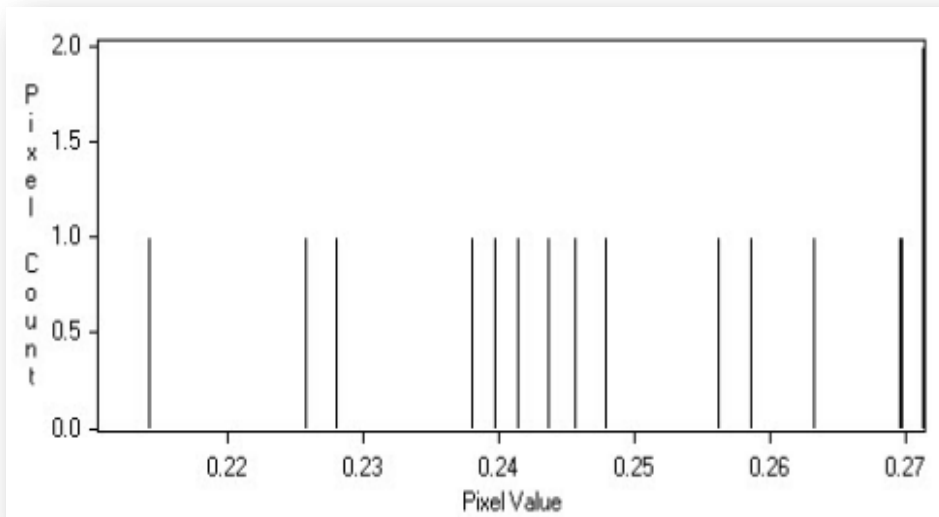
Histogram 10 Landsat_2005_1_10



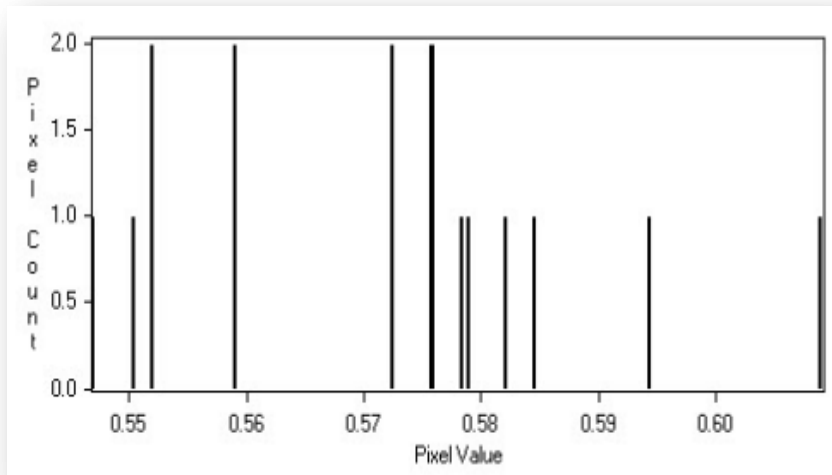
Histogram 11 Landsat_2005_5_20

4.2.5.2 Παραγωγή ιστογραμμάτων στην περιοχή μάρτυρα, έπειτα από δημιουργία Δόγων – Δεικτών βλάστησης NDVI

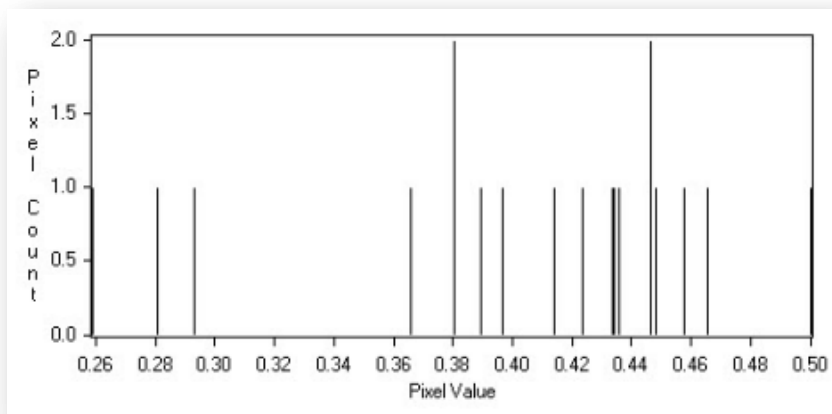
Για το πολύγωνο της περιοχής μάρτυρα εξήχθησαν τα ιστογράμματα , κατά όμοιο τρόπο με την περιοχή της επίδικης έκτασης, τα οποία παρατίθενται ως εξής:



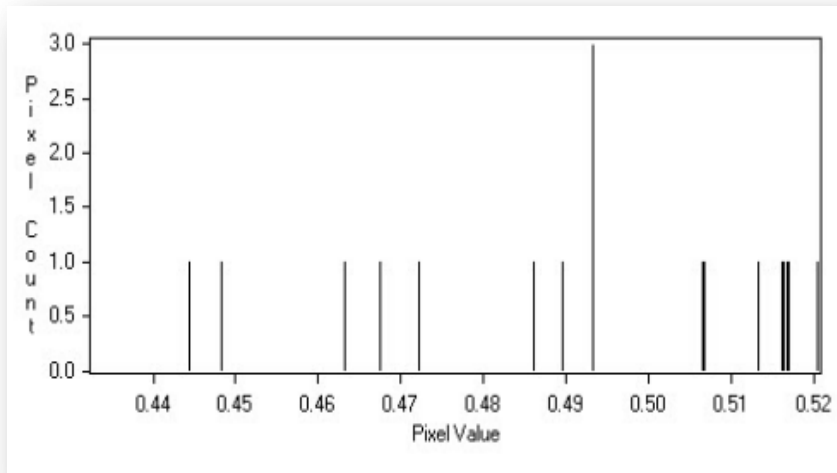
Histogram 12 Landsat_1984_08_04



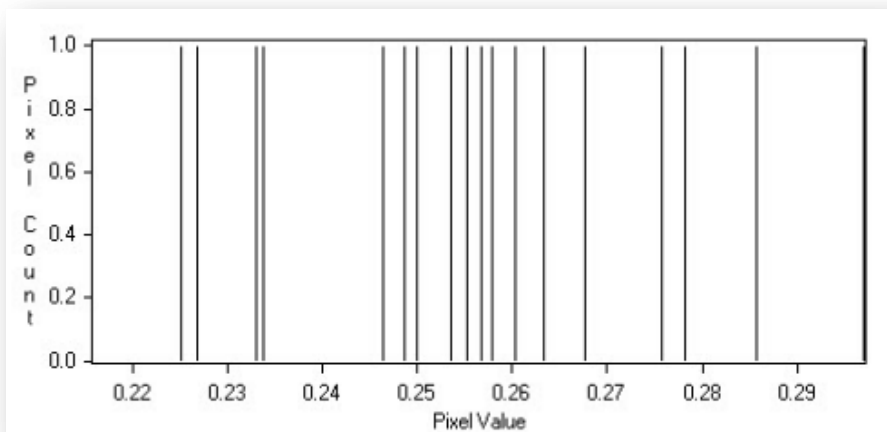
Histogram 13 Landsat_1985_05_19



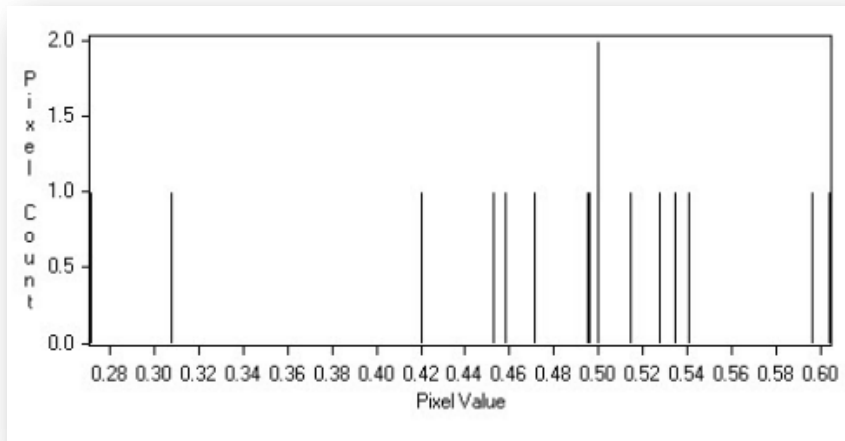
Histogram 14 Landsat_1987_06_10



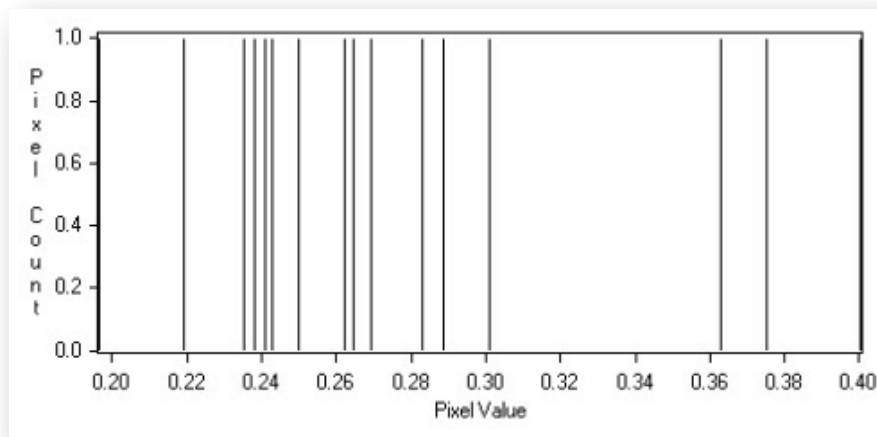
Histogram 15 Landsat_1987_06_26



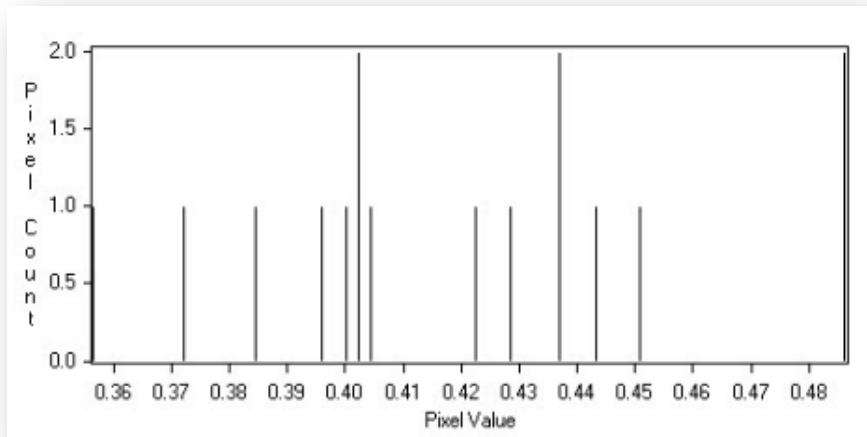
Histogram 16 Landsat_1990_08_06



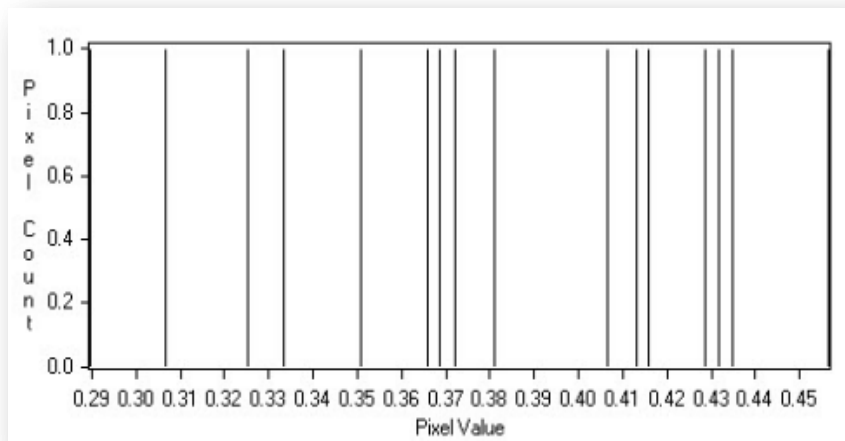
Histogram 17 Landsat_1991_06_21



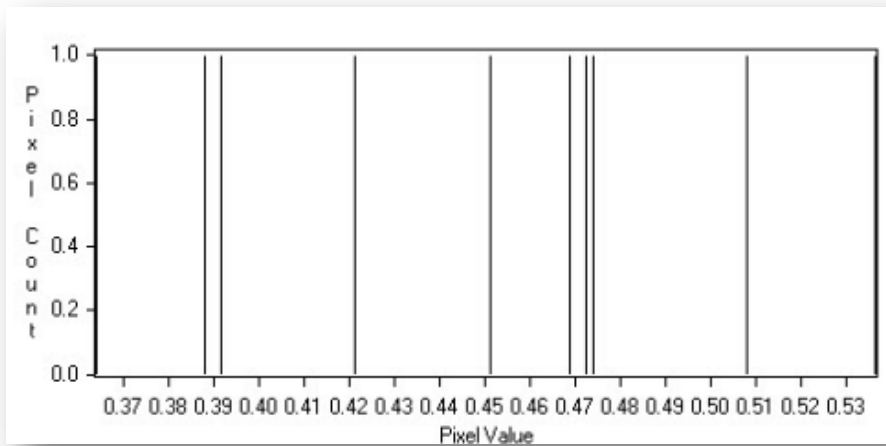
Histogram 18 Landsat_1991_08_16



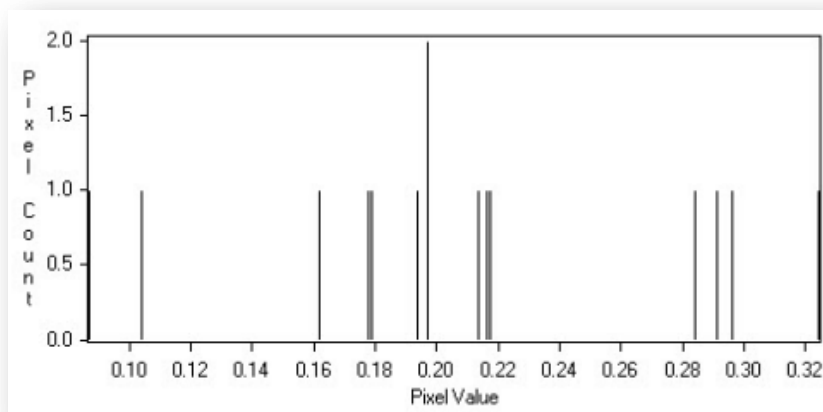
Histogram 19 Landsat_1992_26_08



Histogram 20 Landsat_2003_08_25

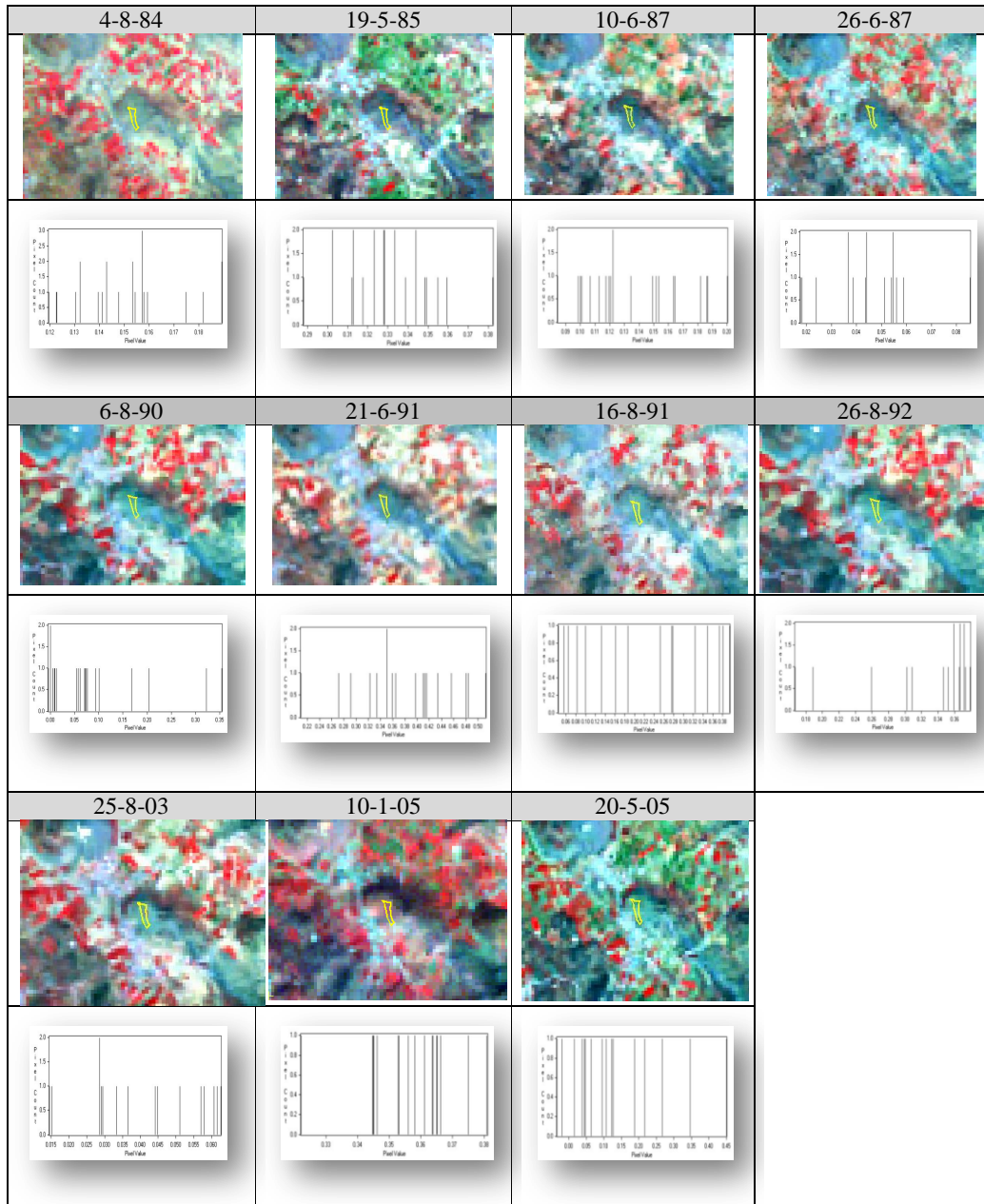


Histogram 21 Landsat_2005_01_10

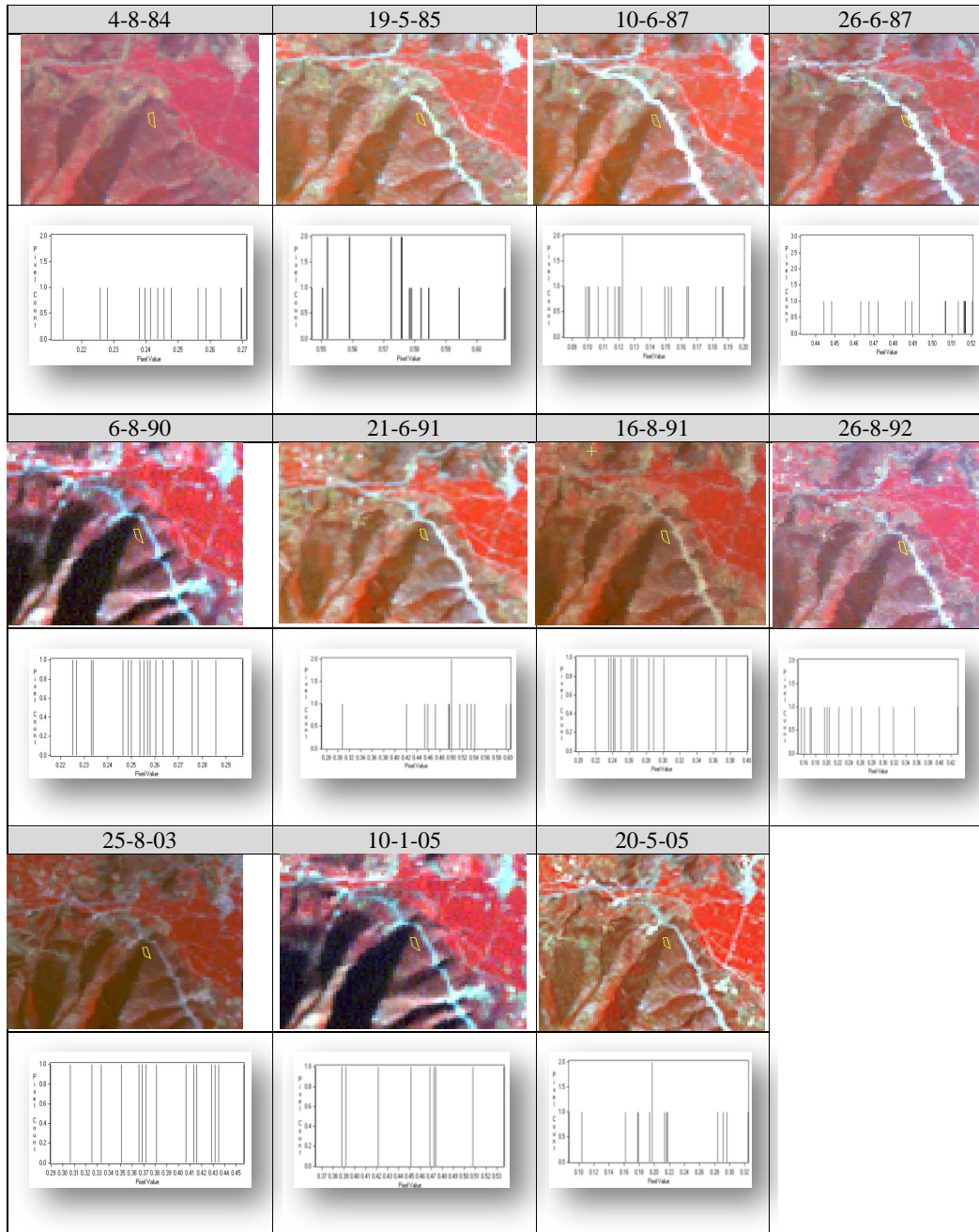


Histogram 22 Landsat_2005_05_20

Παρακάτω παρατίθενται δυο μωσαϊκά τα οποία περιέχουν συγκεντρωτικά την περιοχή επίδικης έκτασης και μάρτυρα σε αντιστοιχία με τα ιστογράμματα τα οποία αναλογούν στο καθένα.



Πίνακας 8 Συγκεντρωτικός πίνακας τύπου μωσαϊκού στον οποίο η περιοχή μελέτης για κάθε χρησιμοποιούμενη εικόνα Landsat παρουσιάζεται με το ιστογράμμά της



Πίνακας 9 Συγκενρωτικός πίνακας τύπου μωσαϊκού στον οποίο η περιοχή μάρτυρας για κάθε χρησιμοποιούμενη εικόνα Landsat παρουσιάζεται με το ιστόγραμμά της

5. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ – ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Η ανίχνευση των μεταβολών στην γήινη επιφάνεια με γρήγορο και οικονομικό τρόπο, μέσω της χρήσης διαχρονικών δορυφορικών απεικονίσεων, είναι μια πολύ σημαντική πρόκληση για την τεχνολογία της δορυφορικής τηλεπισκόπησης, η οποία παρουσιάζει ευρύτατο πεδίο εφαρμογής. Καθώς οι δορυφόροι μεταδίδουν εικόνες σε τακτά χρονικά διαστήματα, είναι δυνατή η παρακολούθηση των μεταβολών οι οποίες παρουσιάζονται τόσο στις χρήσεις, όσο και στις καλύψεις γης, λόγω της ανθρώπινης παρέμβασης αλλά και λόγω φυσικών αιτιών. Η παρακολούθηση των αλλαγών αυτών με αυτόματο τρόπο, με την εφαρμογή των διάφορων τηλεπισκοπικών τεχνικών, οδηγεί με γρήγορο, ασφαλή και οικονομικό τρόπο στην βέλτιστη διαχείριση της γης, αλλά και στον έλεγχο των αποτελεσμάτων των ανθρωπογενών παρεμβάσεων σε αυτή.

Η παρούσα μελέτη κατέδειξε και παρουσίασε τις πολλαπλές δυνατότητες χρήσεως των εξελιγμένων τεχνικών μεθόδων της ψηφιακής επεξεργασίας δορυφορικών δεδομένων στην διερεύνηση των διαχρονικών αλλαγών στις χρήσεις γης σε συγκεκριμένη έκταση της κοινότητας Μάνεση του δήμου Ναυπλίου.

Με την παρούσα μελέτη, που πραγματοποιήθηκε επί της ιδιοκτησίας Κωνσταντίνας Ιωαννίδη και κληρονόμων, διεφάνει ότι με την χρήση δορυφορικών δεδομένων μπορεί να διακριθεί η επιφάνεια και η έκταση των διαφόρων τύπων φυσικής κάλυψης, χρήσεων γης και πιο συγκεκριμένα των καλλιεργητικών δραστηριοτήτων οι οποίες λαμβάνουν χώρα. Η χρήση των πολυφασματικών διαχρονικών δεδομένων Landsat TM, με διακριτική ικανότητα 30 μέτρα, των δορυφορικών εικόνων υψηλής ανάλυσης Ikonos με διακριτική ικανότητα 1 m (pansharpend) και Quickbird 0,70 m παγχρωματικό και 4 m πολυφασματικό, απέδειξε την ικανότητά τους να αποδώσουν την διαχρονική μεταβολή των χρήσεων γης σε συγκεκριμένες χρονικές στιγμές από το 1984 έως το 2007. Ο ρυθμός επισκευσιμότητας, τόσο του Landsat που είναι 16 μέρες όσο και του Ikonos και του Quickbird που είναι 3 και 2,5 μέρες αντίστοιχα, κρίνεται περισσότερο από επαρκής για την διαχρονική παρακολούθηση των αλλαγών των χρήσεων γης.

Η ψηφιακή επεξεργασία των δορυφορικών εικόνων περιελάμβανε χωρικά λάθη, τα οποία προέρχονται συνήθως από την διαδικασία της γεωμετρικής διόρθωσης τους ως προς τον χάρτη. Στην

παρούσα μελέτη η γεωμετρική διόρθωση των εικόνων Landsat πραγματοποιήθηκε με λήψη σημείων ελέγχου (GCPs) από ψηφιακό μωσαϊκό χαρτών κλίμακας 1:50.000 της Γεωγραφικής Υπηρεσίας Στρατού, το οποίο διατέθηκε από την εταιρία ZOELECTRONIC, ενώ η γεωμετρική διόρθωση των εικόνων Ikonos και Quickbird multi έγινε με βάση την παγχρωματική εικόνα Quickbird, η οποία διατέθηκε διορθωμένη από το Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών. Σε κάθε γεωμετρική διόρθωση επιλέχθηκε ως μέθοδος επαναδειγματοληψίας (resampling) η μέθοδος της κοντινότερης παρεμβολής (Nearest Neighbor) η οποία δεν μεταβάλλει τις ψηφιακές τιμές των εικονοστοιχείων της εικόνας και είναι η κατάλληλη μέθοδος για την εφαρμογή τηλεπισκοπικών τεχνικών στις οποίες εξετάζονται οι φασματικές υπογραφές των απεικονιζόμενων οντοτήτων. Η εφαρμογή των τεχνικών ανίχνευσης αλλαγών (change detection methods) σε διαχρονικές εικόνες που αποκτούνται από τα δορυφορικά δεδομένα Landsat TM, Ikonos και Quickbird είναι χρήσιμη τόσο για τον οπτικό όσο και για τον ψηφιακό προσδιορισμό των αλλαγών στις χρήσεις γης του εδάφους. Ο προσδιορισμός των αλλαγών αυτών στην περιοχή μελέτης πραγματοποιήθηκε με την διαχρονική εξέταση των καταγεγραμμένων τιμών της έντασης της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας στο κανάλι 4 των δορυφορικών δεκτών, των οποίων τα εικονιστικά δεδομένα χρησιμοποιήθηκαν για την παρούσα μελέτη. Όπως προαναφέρθηκε στο κεφάλαιο 2, το κανάλι 4 καταγράφει στην περιοχή της μέγιστης ανάκλασης της βλάστησης και χρησιμοποιείται στη διάκριση μεταξύ διαφόρων τύπων βλάστησης αλλά και μεταξύ βλάστησης και γυμνού εδάφους. Βασικό στοιχείο της διακρισιμότητας αυτής είναι η περιεκτικότητα της χλωροφύλλης, η οποία είναι διαφορετική σε κάθε φυτό, αλλά και η δομή των ίδιων των φυτών. Κατά την εξέταση της διαχρονικής σειράς των πολυφασματικών εικόνων, εξήχθησαν οι μέσοι όροι των τιμών ανακλαστικότητας των εικονοστοιχείων της επίδικης περιοχής και συγκρίθηκαν με τους αντίστοιχους της περιοχής μάρτυρα. Αναλυτικά τα αποτελέσματα (στρογγυλοποιημένα στον πλησιέστερο ακέραιο) είναι τα κάτωθι:

Στην εικόνα Landsat με ημερομηνία λήψης 4 Αυγ 1984, ο μέσος όρος των τιμών των εικονοστοιχείων στην επίδικη έκταση είναι 0,15, ενώ στην περιοχή μάρτυρα είναι 0,24.

Στην εικόνα Landsat με ημερομηνία λήψης 19 Μαί 1985, ο μέσος όρος των τιμών των εικονοστοιχείων στην επίδικη έκταση είναι 0,33, ενώ στην περιοχή μάρτυρα είναι 0,57.

Στην εικόνα Landsat με ημερομηνία λήψης 10 Ιουν 1987, ο μέσος όρος των τιμών των εικονοστοιχείων στην επίδικη έκταση είναι 0,08, ενώ στην περιοχή μάρτυρα είναι 0,40.

Στην εικόνα Landsat με ημερομηνία λήψης 26 Ιουν 1987, ο μέσος όρος των τιμών των εικονοστοιχείων στην επίδικη έκταση είναι 0,04, ενώ στην περιοχή μάρτυρα είναι 0,48.

Στην εικόνα Landsat με ημερομηνία λήψης 8 Ιουν 1990, ο μέσος όρος των τιμών των εικονοστοιχείων στην επίδικη έκταση είναι 0,07, ενώ στην περιοχή μάρτυρα είναι 0,25.

Στην εικόνα Landsat με ημερομηνία λήψης 21 Ιουν 1991, ο μέσος όρος των τιμών των εικονοστοιχείων στην επίδικη έκταση είναι 0,38, ενώ στην περιοχή μάρτυρα είναι 0,48.

Στην εικόνα Landsat με ημερομηνία λήψης 16 Αυγ 1991, ο μέσος όρος των τιμών των εικονοστοιχείων στην επίδικη έκταση είναι 0,21, ενώ στην περιοχή μάρτυρα είναι 0,27.

Στην εικόνα Landsat με ημερομηνία λήψης 26 Αυγ 1992, ο μέσος όρος των τιμών των εικονοστοιχείων στην επίδικη έκταση είναι 0,32, ενώ στην περιοχή μάρτυρα είναι 0,41.

Στην εικόνα Landsat με ημερομηνία λήψης 25 Αυγ 2003, ο μέσος όρος των τιμών των εικονοστοιχείων στην επίδικη έκταση είναι 0,04, ενώ στην περιοχή μάρτυρα είναι 0,37.

Στην εικόνα Landsat με ημερομηνία λήψης 10 Ιαν 2005, ο μέσος όρος των τιμών των εικονοστοιχείων στην επίδικη έκταση είναι 0,35, ενώ στην περιοχή μάρτυρα είναι 0,44.

Στην εικόνα Landsat με ημερομηνία λήψης 20 Μαι 2005, ο μέσος όρος των τιμών των εικονοστοιχείων στην επίδικη έκταση είναι 0,12, ενώ στην περιοχή μάρτυρα είναι 0,20.

Στην εικόνα Quick_Bird_multi, με ημερομηνία λήψης 3 Σεπ 2003 έγινε οπτική φωτοερμηνεία.

Στην εικόνα IKONOS, με ημερομηνία λήψης 14 Απρ 2007 2003 έγινε οπτική φωτοερμηνεία.

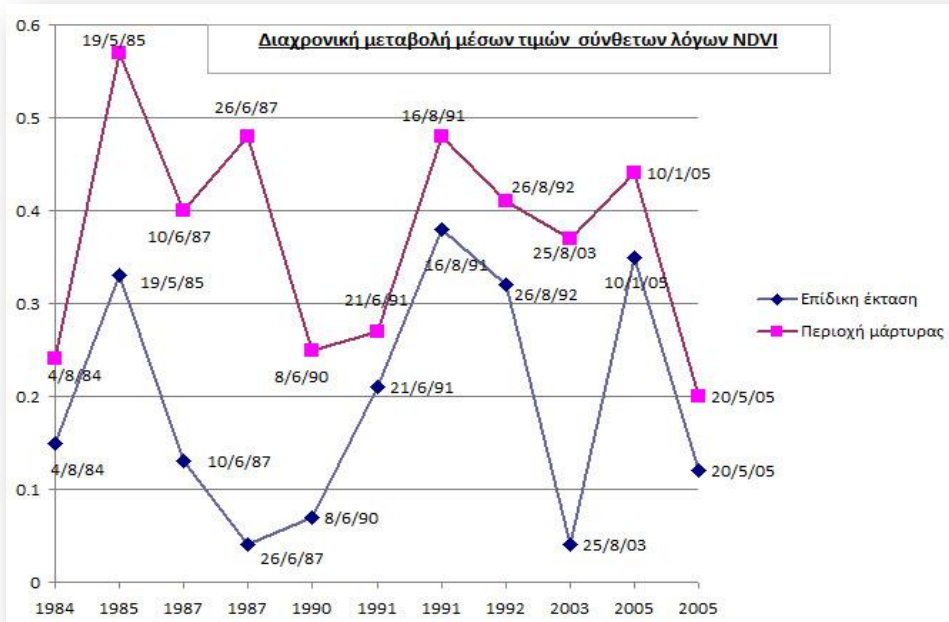
Συγκεντρωτικά, τα ανωτέρω αποτελέσματα παρατίθενται στον ακόλουθο πίνακα:

ΤΙΜΕΣ	4-Αυγ-84		19-Μαι-85	
	περιοχή οικοπέδου	φυσική βλάστηση	περιοχή οικοπέδου	φυσική βλάστηση
Ελάχιστη	0,11	0,21	0,28	0,54
Μέγιστη	0,18	0,27	0,38	0,60
Μέση	0,15	0,24	0,33	0,57
Τυπική απόκλιση	0,01	0,01	0,02	0,01
	10-Ιουν-87		26-Ιουν-87	
	περιοχή οικοπέδου	φυσική βλάστηση	περιοχή οικοπέδου	φυσική βλάστηση
Ελάχιστη	0,08	0,25	0,01	0,43
Μέγιστη	0,2	0,50	0,08	0,52
Μέση	0,08	0,40	0,04	0,48
Τυπική απόκλιση	0,03	0,06	0,01	0,02

	8-Ιουν-90		21-Ιουν-91	
	περιοχή οικοπέδου	φυσική βλάστηση	περιοχή οικοπέδου	φυσική βλάστηση
Ελάχιστη	0,004	0,21	0,20	0,27
Μέγιστη	0,35	0,29	0,51	0,60
Μέση	0,07	0,25	0,38	0,48
Τυπική απόκλιση	0,096	0,02	0,07	0,08
	16-Αυγ-91		26-Αυγ-92	
	περιοχή οικοπέδου	φυσική βλάστηση	περιοχή οικοπέδου	φυσική βλάστηση
Ελάχιστη	0,04	0,19	0,16	0,35
Μέγιστη	0,39	0,4	0,37	0,48
Μέση	0,21	0,27	0,32	0,41
Τυπική απόκλιση	0,12	0,05	0,06	0,03
	25-Αυγ-03		10-Ιαν-05	
	περιοχή οικοπέδου	φυσική βλάστηση	περιοχή οικοπέδου	φυσική βλάστηση
Ελάχιστη	0,01	0,28	0,32	0,36
Μέγιστη	0,06	0,45	0,38	0,53
Μέση	0,04	0,37	0,35	0,44
Τυπική απόκλιση	0,01	0,04	0,01	0,05
	20-Μαι-05			
	περιοχή οικοπέδου	φυσική βλάστηση		
Ελάχιστη	-0,03	0,08		
Μέγιστη	0,44	0,32		
Μέση	0,12	0,20		
Τυπική απόκλιση	0,12	0,06		
	3-Σεπ-2003 (Quick_Bird_multi)		14-Απρ-2007 (IKONOS)	
	περιοχή οικοπέδου	φυσική βλάστηση	περιοχή οικοπέδου	φυσική βλάστηση
Ελάχιστη	Οπτική φωτοερμηνεία		Οπτική φωτοερμηνεία	
Μέγιστη				
Μέση				
Ενδιάμεση				

Πίνακας 10 Πίνακας τιμών όπως προκύπτουν από τα ιστογράμματα

Η διαχρονική φασματική συμπεριφορά της επίδικης έκτασης και της περιοχής μάρτυρα στο κανάλι 4, παρουσιάζονται στο ακόλουθο γράφημα:



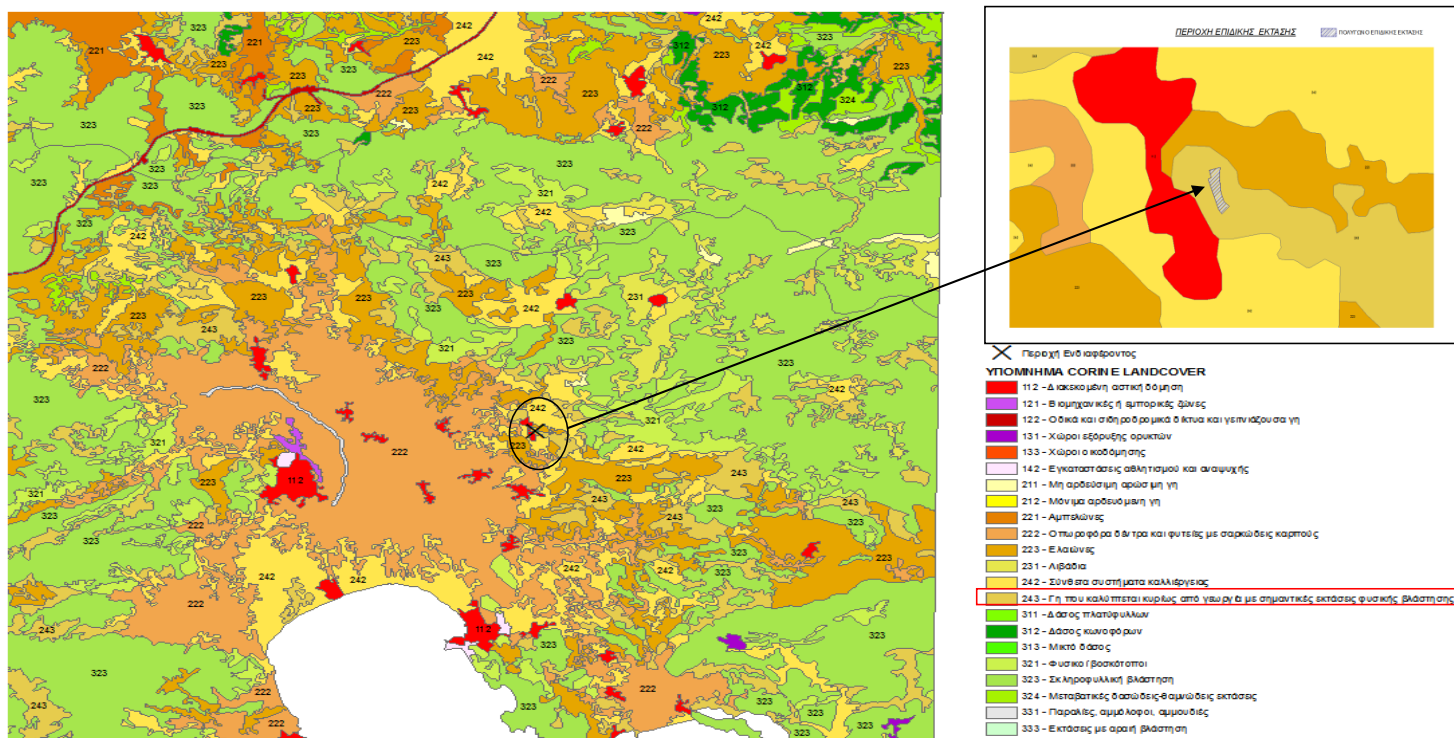
Εικόνα 114 Διάγραμμα τιμών φωτεινότητας

Από την ανάλυση της φασματικής συμπεριφοράς της επίδικης έκτασης, κατά την περίοδο μελέτης 1984 έως 2005, παρατηρούμε ότι οι τιμές ανακλαστικότητας της είναι χαρακτηριστικά χαμηλότερες από την περιοχή μάρτυρα, η οποία καλύπτεται από πυκνή σκληροφυλλική βλάστηση. Αυτό μας οδηγεί στο συμπέρασμα ότι καθ' όλη την διάρκεια των ετών από το 1984 έως και το 2005, ουδέποτε πραγματοποιήθηκε γεωργική καλλιέργεια στην περιοχή μελέτης και ουδέποτε έγινε εγκατάσταση δενδρώδους καλλιέργειας.

Επικουρικά, ο ανωτέρω ισχυρισμός μπορεί να ενισχυθεί με την εξέταση του χάρτη καλύψεων γης κατά το πρόγραμμα Corine Landcover της ΕΕ, αλλά και με την οπτική φωτοερμηνεία της περιοχής με τη χρήση έγχρωμων σύνθετων.

Ο χάρτης καλύψεων γης κατά Corine, ο οποίος δημιουργήθηκε για την ευρύτερη περιοχή μελέτης από δεδομένα του ΟΚΧΕ, κατατάσσει την περιοχή στην οποία υφίσταται η επίδικη έκταση, στην κατηγορία 2.4.3 (γη που καλύπτεται κυρίως από γεωργία, με σημαντικές εκτάσεις φυσικής βλάστησης). Η συγκεκριμένη κατηγορία, αφορά περιοχές με χαμηλή (ποώδη) βλάστηση οι οποίες δύναται να μην δίνουν υψηλές τιμές ανάκλασης στο εγγύς υπέρυθρο, όταν περιλαμβάνουν μεγάλο ποσοστό γυμνού εδάφους.

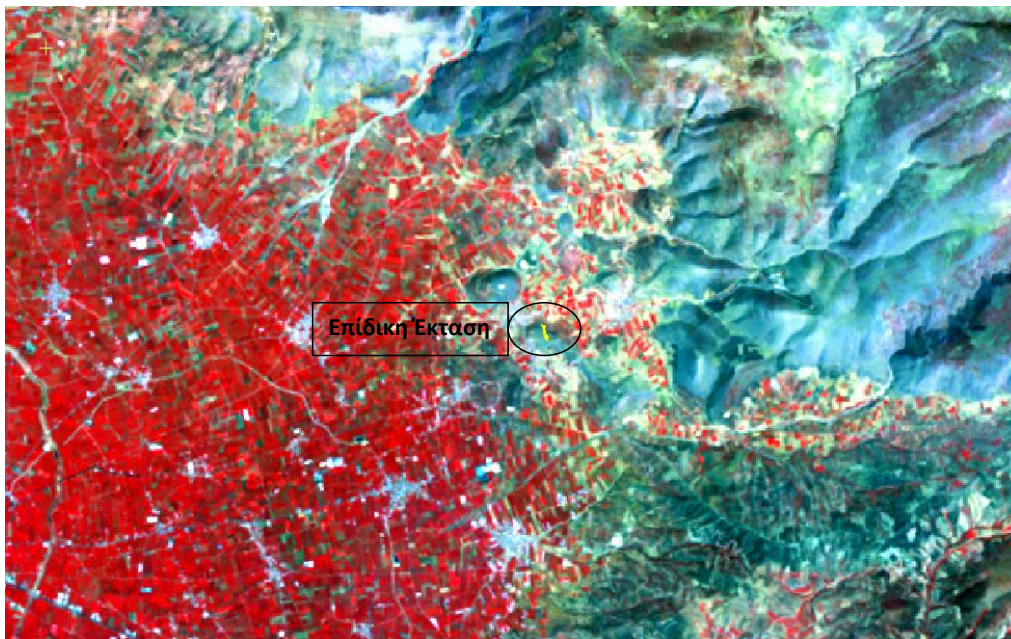
**ΧΡΗΣΕΙΣ ΓΗΣ ΚΑΤΑ CORINE LANDCOVER
ΣΤΗΝ ΕΥΡΥΤΕΡΗ ΠΕΡΙΟΧΗ ΜΕΛΕΤΗΣ**



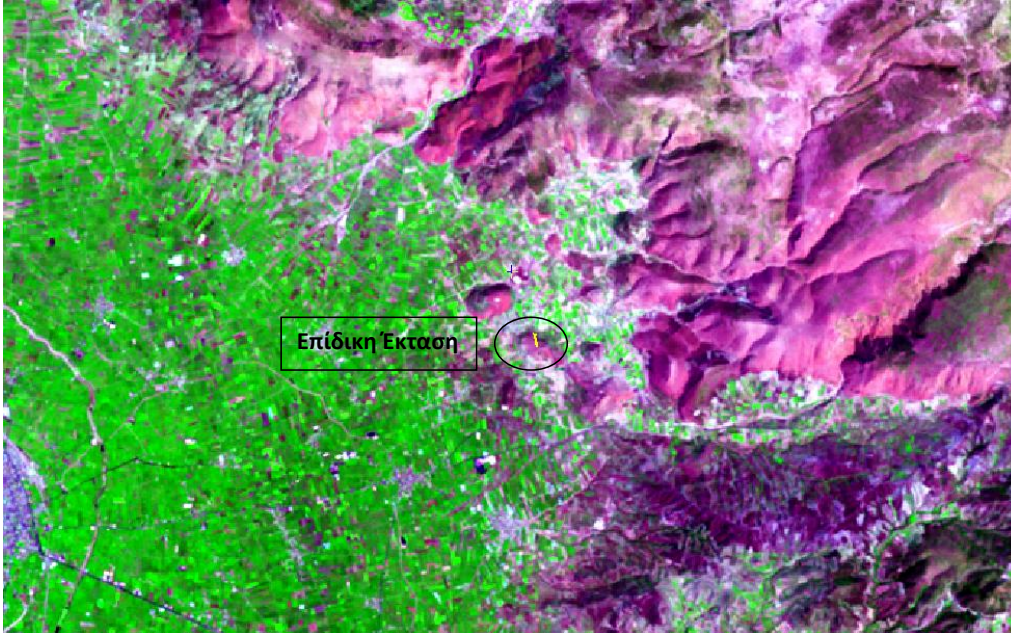
Εικόνα 115 Σύνθεση χάρτη CORINE στην ευρύτερη περιοχή μελέτης

Επιπλέον, δημιουργώντας το έγχρωμο σύνθετο 4-3-1 για κάθε εικόνα, παρατηρούμε ότι η επίδικη περιοχή παρουσιάζεται με γκρι – μπλε απόχρωση (όπως απεικονίζονται και οι λοιπές περιοχές με γυμνό έδαφος και ποώδη βλάστηση) και όχι με κόκκινο χρώμα όπως η περιοχή μάρτυρα αλλά και οι λοιπές καλλιεργούμενες εκτάσεις. Παράλληλα, για την πληρότητα των αποτελεσμάτων, δημιουργήθηκε και το έγχρωμο σύνθετο 5-4-3, στο οποίο η περιοχή μάρτυρα (όπως και οι λοιπές καλλιεργούμενες εκτάσεις και εκτάσεις με φυσική βλάστηση στην εικόνα) απεικονίζονται με έντονο πράσινο χρώμα, ενώ η επίδικη έκταση απεικονίζεται με μωβ απόχρωση, επιβεβαιώνοντας την απουσία αμιγούς βλάστησης, όπως θα ήταν στην περίπτωση καλλιέργειας της.

Ενδεικτικά παρατίθενται τα δύο έγχρωμα σύνθετα για την εικόνα Landsat με ημερομηνία λήψης 10-Ιαν-1985, προς επιβεβαίωση των αποτελεσμάτων της μεθόδου των ιστογραμμάτων της παρούσης μελέτης.



Εικόνα 116 Εικόνα Landsat 10-Ιαν-1985 με έγχρωμο σύνθετο 4-3-1



Εικόνα 117 Εικόνα Landsat 10-Ιαν-1985 με έγχρωμο σύνθετο 5-4-3

Ως τελική επιβεβαίωση των αποτελεσμάτων της μεθόδου, παρατίθενται οι δορυφορικές εικόνες πολύ υψηλής ανάλυσης IKONOS και QuickBird, σε απεικόνιση με φυσικά χρώματα (RGB 3-2-1), επί των οποίων η επίδικη έκταση φαίνεται να στερείται την παρουσία βλάστησης την οποία θα είχε ως συνέπεια η καλλιέργεια αυτής.



Εικόνα 118 Εικόνα IKONOS σε απεικόνιση με φυσικά χρώματα (RGB 3-2-1)



Εικόνα 119 Εικόνα QuickBird σε απεικόνιση με φυσικά χρώματα (RGB 3-2-1)

Τελικώς τα συμπεράσματα που μπορούν να προέλθουν από την παρούσα μελέτη, είναι τα ακόλουθα :

- Προκειμένου να μετρηθεί, με ικανοποιητική ακρίβεια, η διαφορά στις τιμές φωτεινότητας των εικονοστοιχείων μεταξύ των εικόνων των διαφορετικών ημερομηνιών, οι εικόνες πρέπει να υποστούν γεωμετρική διόρθωση με μία χωρική ακρίβεια της τάξης του ενός εικονοστοιχείου και καλύτερη. Αυτό εξασφαλίζει την εξέταση του ίδιου πλήθους εικονοστοιχείων (τα οποία εμπίπτουν εντός του πολυγώνου της επίδικης έκτασης) για την εξαγωγή τιμών φωτεινότητας και των στατιστικών δεδομένων τα οποία χρησιμοποιήθηκαν για την πραγματοποίηση της μελέτης. Είναι εμφανές, ότι γεωμετρική διόρθωση χειρότερης ακρίβειας, θα οδηγούσε σε σημαντική οριζόντια μετατόπιση του πολυγώνου της επίδικης έκτασης από εικόνα σε εικόνα, γεγονός το οποίο θα είχε ως αποτέλεσμα την σύγκριση διαφορετικών, κάθε φορά, εικονοστοιχείων και την νόθευση των αποτελεσμάτων.
- Η κανονικοποίηση της ραδιομετρικής ανάλυσης των καναλιών επιδρά θετικά στην αποτελεσματικότητα της ανίχνευσης αλλαγών από εικόνα σε εικόνα.
- Η μέθοδος των ιστογραμμάτων μας έδωσε σαφή και ορθά αποτελέσματα σχετικά με την εξέλιξη των χρήσεων γης και της φυσικής κάλυψης του εδάφους της περιοχής μελέτης.
- Μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε δορυφορικά δεδομένα για να εξάγουμε πληροφορίες για την κατάσταση της βλάστησης.
- Μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε δορυφορικά δεδομένα για να εξάγουμε συμπεράσματα, τα οποία δύναται να χρησιμοποιηθούν ως αποδεικτικά στοιχεία σε δικαστικές διενέξεις, όταν επιζητείται πραγματογνωμοσύνη για την διαχρονική ανίχνευση των αλλαγών στην χρήση ή το είδος της κάλυψης γης .

6. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

ΞΕΝΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- ❖ Mas, J-F. (1999). Monitoring land-cover changes: a comparison of change detection techniques. Pages 152
- ❖ Collins, J. and C. Woodcock. (1996). Monitoring large areas for forest change using Landsat: Generalization across space, time and Landsat sensors. Pages 203
- ❖ Rindfuss R., (2004). Developing a science of land change: Challenges and methodological issues. Pages 6
- ❖ Fabri, A.G., (1992). Remote sensing, geographic information systems and the environment: a review of interdisciplinary issue. ITC journal, 2: 119-126
- ❖ Petschel-Held, (1999). Climate system modeling in the framework of the tolerable windows approach: The iclips climate model. Pages 137
- ❖ Verburg P. and You Qi, (2000). Our Earth's Changing Land. Pages 531.
- ❖ Verburg P, (2006). Feedback Loops in Conceptual Models of Land Change. Pages 3
- ❖ Lesschen J.P., (2005). Landscape Evolution Modelling
- ❖ Lillesand, T.M. and Kiefer, R.W., (1994). Remote and image interpretation. John Willy and Sons. Inc. (third edition). 750 pp
- ❖ Slater, P.N, (1980). Remote sensing : Optics and optical systems. Pages 575
- ❖ Lo, C.P., (1986). Applied remote sensing. Longman group U.K Ltd. Pages 184
- ❖ Richards, J.A., (1986). Remote sensing digital image analysis. An introduction. Springer-verlag Berlin Heidelberg.
- ❖ Saunier S., (2009). Earth observation quality control. Pages 20
- ❖ Barrett, E.C., (1982). Introduction to environmental remote sensing. Pages
- ❖ Aronoff S, (1989). Geographic information systems: a management perspective, publ, Ottawa, 294 pp

- ❖ Robinove C.J, (1981). Arid land monitoring using Landsat Albedo difference images. Remote Sens. Environ. 11:133-156
- ❖ GEOMATICA, (2009). Geomatica 10 software solutions. (www.pcigeomatics.com)
- ❖ EOSAT – Landsat technical notes (1986). Pages 8
- ❖ EUROPEAN ENVIRONMENTAL AGENCY, (1997-99). CORINE land cover technic guide
- ❖ EUROPEAN ENVIRONMENTAL AGENCY, (1997-99, 2000). CORINE land cover technic guide- Addendum 2000, prepared by M.Bossard, J.Feranec and J.Otahel, May 2000
- ❖ Helder D, Chander G, Markham B, (2009). Symmary of current radiometric calibration coefficients for Landsat MSS, TM, ETM+, and EO-1 sensors. Pages 893-903

ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- ❖ Μ. Α. Καρτέρης, (2004). Τηλεπισκόπηση περιβάλλοντος, Θεσσαλονίκη. Σελ 171-172,247.
- ❖ Σ. Πεγλιβανίδου,(2007). Η γεωμορφολογία της νήσου Σκύρου και η επίδρασή της στις χρήσεις γης. Διατριβή ειδίκευσης, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Θεσσαλονίκη. Σελ 87-93
- ❖ Κ. Σταυριανού, (2009). Αλλαγές στις χρήσεις γης και στο φυσικό περιβάλλον στη Σάμο κατά τον 20αίωνα. Διατριβή ειδίκευσης, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Θεσσαλονίκη. Σελ 1-4, 36-39
- ❖ Α. Γκανάς, (1999). Ενδιάμεση έκθεση προόδου του Ευρωπαϊκού προγράμματος APERTURE (Γενική Διεύθυνση 12, Ευρωπαϊκή Επιτροπή) . Σελ 85-87
- ❖ Δ. Μινέτος. Χωρικός σχεδιασμός και χρήσεις γης στον νησιωτικό χώρο. Σελ 2-14
- ❖ Π. Ζεντέλης, (2011). Περί κτημάτων λόγος και κτηματολόγιο. Σελ 349- 351
- ❖ Δ. Αργιαλάς, (2000). Φωτοερμηνεία - Τηλεπισκόπηση, Ε.Μ.Π., Αθήνα. Σελ 24-29
- ❖ Robinson, (2002). Στοιχεία χαρτογραφίας . Πανεπιστημιακές εκδόσεις ΕΜΠ

- ❖ Β. Κόλλια–Κουσουρή, (2003). Γεωγραφικά συστήματα πληροφοριών. Σημειώσεις διδασκαλίας, γεωπονικό πανεπιστήμιο Αθηνών, τμήμα αξιοποίησης φυσικών πόρων και γεωργικής μηχανικής. Σελ 37-51, 62-69
- ❖ Ν. Σπυρόπουλος, (2010). Αποκατάσταση – ανοιχτών ορυχείων με χρήση τηλεπισκόπησης. Σελ 47-52 149-152
- ❖ Ι. Καπαγερίδη, (2010). Εισαγωγή στη τηλεπισκόπηση και στα γεωγραφικά συστήματα πληροφοριών. Σημειώσεις θεωρίας και εργαστηρίου τμήμα γεωτεχνολογίας και περιβάλλοντος. Σελ 6-10, 20-26
- ❖ Δ. Γιαννόπουλος, (2010). Διαχρονική χαρτογράφηση χρήσεων / κάλυψης γης της περιοχής Ναυπλίου Αργολίδας με χρήση πολυφασματικών δορυφορικών δεδομένων. Σελ 9-12, 20-25

ΔΙΑΔΙΚΤΥΑΚΟΙ ΤΟΠΟΙ

- ❖ www.geodata.gov
- ❖ www.opekepe.gr
- ❖ www.ktimatologio.gr
- ❖ www.okxe.gr
- ❖ www.dspace.lib.ntua.gr
- ❖ www.biodiversityinformatics.amnh.org
- ❖ www.seos-project.eu
- ❖ www.geomatica.com
- ❖ www.glovis.usgs.gov
- ❖ www.mapmart.com
- ❖ www.landsat.gsfc.nasa.gov
- ❖ www.digitalglobe.com
- ❖ www.cber.bio.waikato.ac.nz

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

(πίνακες γεωμετρικής διόρθωσης)

04_08_1984				
point ID	image x	image y	ground x	ground y
G0001	3520,000	1736,500	144687,405	4207706,371
G0002	3628,500	1990,500	147502,021	4199905,524
G0003	4139,500	2410,000	161912,544	4186292,052
G0023	5299,897	753,568	199747,660	4233770,955
G0005	4372,000	3079,500	167525,095	4165885,009
G0006	4771,000	3176,500	179246,592	4162144,317
G0007	4506,500	3945,250	169904,080	4139646,819
G0008	4159,500	2869,500	161577,130	4172552,258
G0009	3991,000	3771,000	154816,914	4145807,517
G0010	3301,250	3321,750	135135,891	4160653,220
G0011	2923,000	3116,000	124247,642	4167524,787
G0012	2876,000	2908,000	123262,302	4173839,552
G0013	1896,500	3360,250	93121,539	4162116,000
G0014	1005,000	3877,500	65495,303	4148292,569
G0015	796,000	5228,500	56659,056	4108211,782
G0016	1298,500	5685,500	70784,209	4093600,692
G0017	2994,000	5989,500	120821,682	4081291,560
G0018	3996,626	6010,417	150728,430	4078788,811
G0019	3654,778	4941,328	142574,900	4111448,777
G0020	2870,500	3748,750	121421,052	4148675,108
G0021	1324,550	2470,780	77726,285	4189823,517
G0022	1678,016	950,920	91202,913	4234675,434

Πίνακας 11 GCPs εικόνας Landsat 04_08_1984

19_05_1985				
point ID	image x	image y	ground x	ground y
G0001	2588,589	3055,494	389477,083	4160297,917
G0002	2540,750	2859,500	388237,500	4166212,500
G0003	2088,750	3042,250	374584,375	4161165,625
G0004	1562,017	3305,952	358487,500	4153710,417
G0005	673,559	3825,422	331393,750	4138941,667
G0006	467,500	4938,750	324062,500	4105756,250
G0007	766,750	5156,000	332828,125	4098956,250
G0008	950,750	5649,000	337857,292	4084081,250
G0009	1248,171	5894,026	346587,500	4076466,667
G0010	2095,000	6102,250	371768,750	4069454,167
G0011	2483,458	5946,592	383544,792	4073739,583
G0012	3648,658	5889,388	418430,208	4074447,917

G0013	3380,750	5129,750	411240,625	4097397,917
G0014	3177,750	4779,500	405485,417	4108129,167
G0015	2806,250	3966,500	395161,458	4132779,167
G0016	2558,750	3322,000	388379,167	4152346,875
G0017	2044,500	4543,250	371768,750	4116204,167
G0018	4252,750	3730,000	438670,833	4138587,500
G0019	3830,500	2538,250	427125,000	4174712,500
G0020	2586,012	1985,118	390397,917	4192420,833

Πίνακας 12 GCPs εικόνας Landsat 19_05_1985

10_06_1987				
point ID	image x	image y	ground x	ground y
G0001	2489,500	1487,000	389459,375	4160333,333
G0002	2426,500	1264,125	387759,375	4167044,792
G0003	1992,625	1473,125	374566,667	4161165,625
G0004	1463,250	1740,750	358487,500	4153657,292
G0005	576,125	2260,125	331358,333	4138941,667
G0006	2719,500	1698,000	396153,125	4153745,833
G0007	3248,750	1933,750	411754,167	4146202,083
G0008	3840,000	2546,500	428842,708	4127289,583
G0009	4768,378	1941,126	457246,875	4144555,208
G0010	3942,500	1453,750	432968,750	4159908,333
G0011	3552,678	496,630	422255,208	4188932,292
G0012	2987,500	153,500	405644,792	4199769,792
G0013	6259,632	163,425	503660,417	4196352,083
G0014	1569,334	711,353	362631,250	4184345,833
G0015	604,673	2783,673	331712,500	4123181,250
G0016	118,250	3836,000	316058,333	4092156,250
G0017	1013,235	4141,916	342656,250	4082204,167
G0018	2677,500	4535,125	392133,333	4068887,500
G0019	3504,558	4261,761	417172,917	4076360,417
G0020	3135,000	3200,750	407150,000	4108412,500
G0021	2563,957	2073,682	391141,667	4142660,417

Πίνακας 13 GCPs εικόνας Landsat 10_06_1987

26_06_1987				
point ID	image x	image y	ground x	ground y
G0001	1774,750	1342,000	388148,958	4166301,042
G0002	1859,500	1537,250	389459,375	4160351,042
G0003	1340,000	1608,500	374548,958	4161165,625
G0004	837,250	1972,000	358469,792	4153657,292
G0005	0,500	2658,250	331340,625	4138923,958
G0006	6,750	4093,500	323761,458	4098796,875
G0007	591,750	4509,000	337857,292	4084045,833
G0008	1992,750	4608,750	376656,250	4073792,708
G0009	3344,500	4656,000	414268,750	4065275,000
G0022	3732,000	1300,500	443195,313	4157004,167
G0024	1317,499	3062,335	366066,667	4120666,667
G0012	3126,870	3845,424	412524,479	4089163,542

G0013	2914,750	3329,000	409416,667	4104667,188
G0014	2555,250	2866,250	401837,500	4119533,333
G0015	2279,671	2503,350	396046,875	4131167,708
G0016	2069,500	2284,750	391327,604	4138410,417
G0017	1850,750	1781,000	387954,167	4153621,875
G0023	5329,277	371,253	492902,604	4174411,458
G0019	2544,686	1686,671	407831,771	4152577,083
G0020	2420,250	127,000	412816,667	4196777,083
G0021	3016,250	572,250	427089,583	4181193,750
G0026	37,321	1171,809	340440,000	4180320,000

Πίνακας 14 GCPs εικόνας Landsat 26_06_1987

06_08_1990				
point ID	image x	image y	ground x	ground y
G0069	3059,250	1765,750	124392,396	4167820,787
G0070	3700,000	2025,000	139964,463	4160303,573
G0071	4795,000	1727,000	167827,735	4165950,467
G0072	4379,750	970,500	158687,864	4185554,026
G0073	3945,250	277,500	148896,682	4203542,774
G0074	3443,739	3128,266	131813,144	4133170,003
G0075	4034,500	4534,000	144202,979	4097194,734
G0076	2934,128	5238,411	115622,629	4081344,113
G0077	1372,201	5111,559	76870,799	4086959,772
G0078	515,000	4312,000	56652,868	4108259,717
G0079	764,500	2694,250	65485,637	4148225,210
G0080	2589,250	3415,250	109989,925	4127410,567
G0081	2153,500	895,347	103113,036	4190975,171
G0083	2252,840	2240,959	103434,368	4157230,658
G0084	3453,814	903,456	135595,750	4188699,468
G0085	1854,010	1420,103	94785,747	4178354,930
G0086	1935,298	3325,608	93756,684	4130664,408

Πίνακας 15 GCPs εικόνας Landsat 06_08_1990

21_06_1991				
point ID	image x	image y	ground x	ground y
G0001	2502,590	1525,311	389477,083	4160351,042
G0002	2438,500	1305,250	387777,083	4167027,083
G0003	2004,000	1514,750	374584,375	4161112,500
G0004	1475,000	1785,500	358416,667	4153515,625
G0005	590,250	2301,000	331376,042	4138994,792
G0006	699,000	3127,750	333855,208	4114043,750
G0007	129,504	3876,528	316022,917	4092173,958
G0008	882,250	4102,750	338370,833	4084665,625
G0009	2030,031	4613,240	372335,417	4068232,292
G0010	2692,129	4572,931	392204,167	4068852,083
G0011	3410,000	4193,000	414162,500	4079618,750
G0012	3146,750	3241,750	407185,417	4108270,833
G0013	2753,021	2503,448	396064,583	4130831,250
G0014	2513,173	1980,599	389370,833	4146697,917

G0015	3034,250	1742,750	405264,063	4153329,688
G0016	4795,000	2022,500	457760,417	4143280,208
G0017	3740,026	1009,014	427125,000	4174641,667
G0018	3242,000	287,000	412852,083	4196741,667
G0019	6060,846	435,777	497250,000	4189587,500
G0020	1582,284	624,583	362808,333	4188241,667
G0021	2096,493	2934,483	375956,771	4118488,542

Πίνακας 16 GCPs εικόνας Landsat 21_06_1990

16_08_1991				
point ID	image x	image y	ground x	ground y
G0001	2468,000	1520,000	389520,000	4160310,000
G0002	2360,750	1300,500	387735,000	4167045,000
G0003	1945,250	1590,250	374580,000	4161120,000
G0004	1439,250	1950,000	358470,000	4153740,000
G0005	601,500	2643,000	331320,000	4138890,000
G0006	205,000	3492,000	315660,000	4117290,000
G0007	387,750	4356,000	316050,000	4092150,000
G0008	1464,000	4648,000	344520,000	4078170,000
G0009	2836,000	4542,000	383490,000	4073760,000
G0010	3954,000	4632,000	414240,000	4065300,000
G0011	3735,250	3818,000	412530,000	4089210,000
G0012	3424,250	3191,750	407250,000	4108380,000
G0013	2843,500	2429,250	395160,000	4132830,000
G0014	2458,000	1761,250	387990,000	4153590,000
G0015	3072,500	1661,500	405720,000	4153110,000
G0016	4018,250	2206,500	429180,000	4132770,000
G0017	4665,000	1800,000	449370,000	4140660,000
G0018	4726,000	1207,000	454290,000	4156920,000
G0019	3668,250	799,500	426930,000	4174020,000
G0020	3405,000	317,000	422220,000	4188930,000
G0021	2763,000	52,000	405660,000	4199790,000
G0022	1715,250	480,000	374160,000	4193400,000

Πίνακας 17 GCPs εικόνας Landsat 16_08_1991

26_08_1992				
point ID	image x	image y	ground x	ground y
G0001	2108,750	1506,250	389459,375	4160333,333
G0002	2029,500	1321,500	388184,375	4166283,333
G0003	1615,500	1574,500	374548,958	4161147,917
G0004	1136,750	1920,750	358469,792	4153692,708
G0005	340,750	2577,500	331376,042	4138923,958
G0006	348,605	3815,374	324558,333	4102533,333
G0007	140,750	4272,000	315845,833	4090296,875
G0008	912,250	4313,750	338300,000	4084683,333
G0009	2459,516	4386,870	383527,083	4073775,000
G0010	3520,750	4473,500	414251,042	4065310,417
G0011	3600,195	4146,240	418447,917	4074465,625
G0012	3219,000	3437,750	411222,917	4097397,917

G0013	2517,500	2486,500	395958,333	4129326,042
G0014	2181,250	1949,250	389087,500	4146963,542
G0015	2687,250	1644,500	405733,333	4153072,917
G0016	4448,570	1650,475	457547,917	4142979,167
G0017	2998,750	361,750	422202,083	4188950,000
G0018	2643,250	163,000	412781,250	4196777,083
G0019	5093,335	93,321	485385,417	4185054,167
G0020	1725,000	2737,750	371166,667	4126333,333
G0021	362,250	858,500	341700,000	4189233,333

Πίνακας 18 GCPs εικόνας Landsat 26_08_1992

point ID	25_08_2003			ground y
	image x	image y	ground x	
G0001	3385,000	1750,500	144686,437	4207676,343
G0002	3820,000	2128,500	156996,060	4195572,186
G0003	3892,500	2431,500	158579,745	4186399,080
G0004	4029,500	2611,500	162364,793	4180717,216
G0005	4032,000	2995,500	161650,110	4169198,696
G0018	2856,500	3752,500	125059,803	4148709,457
G0007	4613,500	3200,000	178671,383	4162012,435
G0008	4875,500	3368,500	186082,490	4156471,632
G0009	4697,000	3725,000	180058,497	4146145,664
G0010	4315,000	3787,000	168587,029	4145008,328
G0011	3344,000	3345,000	140437,738	4160063,005
G0012	2916,500	3167,500	127978,237	4166202,939
G0013	2729,000	2900,250	122864,456	4174558,788
G0014	1764,250	3376,000	93107,000	4162131,499
G0026	1203,000	2480,500	77947,196	4190147,211
G0016	420,000	5472,000	48694,286	4101726,131
G0017	2321,000	6181,000	104189,643	4076793,143
G0019	3306,250	4578,250	136872,096	4123112,226
G0020	3728,000	6424,000	145802,326	4066920,131
G0021	3596,000	5425,750	143867,131	4097159,932
G0022	1552,750	970,500	91262,989	4234673,485
G0023	2298,000	2020,000	111666,198	4201721,151
G0024	5020,500	911,500	195196,937	4229651,450
G0025	1575,500	4265,500	85742,491	4135799,460

Πίνακας 19 GCPs εικόνας Landsat 25_08_2003

point ID	10_01_2005			ground y
	image x	image y	ground x	
G0001	2515,000	1523,500	389475,000	4160325,000
G0002	2451,000	1302,000	387750,000	4167015,000
G0003	2464,625	1746,750	387750,000	4153740,000
G0004	2526,125	2025,375	389310,000	4145310,000
G0005	2624,500	2306,000	392025,000	4136790,000
G0006	2743,250	2511,750	395370,000	4130490,000
G0007	2913,500	2774,000	400230,000	4122480,000
G0008	1610,000	3467,000	360510,000	4102890,000
G0009	3306,250	3599,250	411210,000	4097415,000

G0010	3425,000	4187,500	414180,000	4079610,000
G0011	3613,500	4481,500	419565,000	4070655,000
G0012	2881,500	4893,000	397155,000	4059000,000
G0013	2695,000	4525,000	391995,000	4070205,000
G0014	2124,875	4129,875	375300,000	4082625,000
G0015	2050,000	4683,000	372495,000	4066080,000
G0016	3761,000	789,000	427440,000	4181160,000
G0017	3255,000	284,000	412800,000	4196760,000
G0018	5173,625	146,000	470370,000	4199025,000
G0019	873,250	4086,750	337839,583	4084966,667
G0020	1584,125	2512,750	360720,000	4131540,000
G0021	1710,000	584,125	366390,000	4189200,000

Πίνακας 20 GCPs εικόνας Landsat 10_01_2005

point ID	20_05_05			
	image x	image y	ground x	ground y
G0001	2507,962	1486,279	389441,667	4160262,500
G0002	2442,000	1262,250	387777,083	4167027,083
G0003	2008,439	1471,188	374548,958	4161130,208
G0004	1481,536	1738,089	358469,792	4153675,000
G0005	592,750	2259,250	331376,042	4138923,958
G0006	137,978	3835,782	316058,333	4092050,000
G0007	408,759	3481,567	324576,042	4102409,375
G0008	755,428	3793,095	334652,083	4092793,750
G0009	873,356	4079,615	337875,000	4084063,542
G0010	1173,242	4324,310	346587,500	4076484,375
G0011	1301,303	4599,834	350200,000	4068072,917
G0012	2052,851	4567,496	372742,708	4068373,958
G0013	2405,988	4376,914	383527,083	4073775,000
G0014	2774,216	4762,605	394169,792	4061892,708
G0015	3441,500	4629,000	414268,750	4065310,417
G0016	3569,744	4319,998	418447,917	4074483,333
G0017	3328,000	3855,000	411701,042	4088614,583
G0018	3274,250	3517,000	410443,750	4098726,042
G0019	3084,019	3198,713	405060,417	4108483,333
G0020	2856,571	2648,742	398773,958	4125164,583
G0021	2580,500	2071,250	391141,667	4142678,125
G0022	3246,750	243,250	412816,667	4196794,792
G0023	2034,310	200,068	376567,708	4199185,417
G0024	4345,222	1556,993	444408,333	4156437,500
G0025	3379,809	1938,588	415154,167	4145954,167
G0026	1617,789	2437,033	361887,500	4132602,083

Πίνακας 21 GCPs εικόνας Landsat 20_05_2005

	quick_bird			
point ID	image x	image y	ground x	ground y
G0001	897,500	952,500	396351,844	4168886,685
G0002	946,500	1191,000	396470,044	4168317,885
G0003	1159,250	1311,250	396973,444	4168034,685
G0004	1248,500	1425,500	397188,244	4167761,085
G0005	1046,500	1371,000	396708,244	4167889,485
G0006	825,000	1334,500	396179,044	4167977,085
G0007	797,000	1480,000	396109,444	4167632,685
G0008	630,000	1359,000	395709,844	4167918,285
G0009	1126,000	998,500	396896,644	4168781,085
G0010	1270,500	1058,250	397241,044	4168637,085
G0011	849,000	1089,500	396236,644	4168560,285
G0012	1239,750	1189,500	397165,444	4168326,285
G0013	715,011	1096,652	395912,644	4168541,085
G0014	651,920	1206,986	395761,444	4168278,285
G0015	784,170	912,715	396078,244	4168979,085

Πίνακας 22 GCPs εικόνας QuickBird 03_09_2003

	ikonos			
point ID	image x	image y	ground x	ground y
G0001	468,500	208,500	396012,025	4168964,714
G0002	350,000	79,250	395893,727	4169095,302
G0003	810,000	287,000	396350,018	4168884,056
G0004	765,750	657,750	396310,073	4168513,032
G0005	409,500	684,000	395960,173	4168489,987
G0006	349,500	1004,250	395904,481	4168169,661
G0007	185,750	1603,500	395751,616	4167571,259
G0008	1650,750	1405,250	397191,929	4167757,924
G0009	2253,547	660,409	397775,735	4168498,436
G0010	1426,750	693,500	396963,015	4168472,319
G0011	1370,125	994,875	396910,012	4168170,429
G0012	53,250	460,250	395606,433	4168716,596
G0013	983,875	1176,875	396531,305	4167992,215
G0014	1222,875	512,875	396759,244	4168653,885
G0015	1127,125	881,625	396669,844	4168286,085

Πίνακας 23 GCPs εικόνας IKONOS 14_4_2007